

# 先端ナビゲートシステムを用いた運航支援に関する 基礎研究

著者	杉? 聡史
学位授与機関	東京海洋大学
学位授与年度	2010
URL	<a href="http://id.nii.ac.jp/1342/00001040/">http://id.nii.ac.jp/1342/00001040/</a>

修士学位論文

先端ナビゲートシステムを用いた  
運航支援に関する基礎研究

平成 22 年度

(2011 年 3 月)

東京海洋大学大学院

海洋科学技術研究科

海運ロジスティクス専攻

杉崎 聡史

1	序章	1
2	船舶運航の現状と次世代の船舶運航	2
2.1	運航管理・運航支援とは	2
2.2	現在の運航管理・運航支援の現状	3
2.2.1	海運	3
2.2.2	その他運輸（空輸、鉄道）との比較	7
3	先端ナビゲートシステム	9
3.1	先端ナビゲートシステムの構成	9
3.1.1	海洋ブロードバンド	9
3.1.2	海洋 GIS	13
3.1.3	リアルタイムとプレイバック	21
3.1.4	Silverlight	23
3.2	表示方法	24
3.2.1	海洋 GIS	24
4	主観的衝突危険度を用いた危険船表示レイヤーの作成	29
4.1	開発の目的	29
4.2	主観的衝突危険度とは	29
4.2.1	危険度判定基準	31
4.2.2	使用するデータ	34
4.3	プログラムについて	35
4.3.1	全体構成	35
4.3.2	AIS 情報の取得「プログラム名 Subjective_Judgement_Service_Sent」	37
4.3.3	主観的衝突危険度値の計算「プログラム名 Subjective_Judgement_Prog」	39
4.3.4	主観的衝突危険度値の取得 「プログラム名 Subjective_Judgement_Service_Receive」	41
4.3.5	主観的衝突危険度値の表示「プログラム名 Subjective_Judgement_Client」	43
4.4	主観的衝突危険度の表示	45
5	主観的衝突危険度の解析結果	51
5.1	時間帯別	51
5.2	海域別	55
5.3	海域・時間帯別	59
6	結論・展望	75

謝辞	77
参考文献	78
付録1 先端ナビゲートシステム	79
付録2 参照資料	122



## 1 序章

輸出入に依存している日本の経済において、貿易量の 99.7%を占めている海上輸送は日本にとって不可欠なものである。また、日本政府は海洋基本法を平成 19 年 7 月に施行させ、また、内閣に内閣総理大臣を長とする総合海洋政策本部を設置した。これにより、海洋基本法の下で、内外の諸事情から生起する海洋の諸問題への日本の対応が始まった。そして、平成 20 年 6 月には、安定的な海上輸送の確保を図る為に必要な、日本船舶の確保または、船員の育成および、確保を図るため「海上運送法及び船員法の一部を改正する法律」が制定された。さらに、平成 21 年 6 月には近年多発している海賊行為に対応するために、「海賊行為の処罰及び海賊行為への対処に関する法律（以下、海賊対処法と呼ぶ）」を制定する等、政府が安定的な海上輸送の確保等の対策を始めた。

しかし、環境問題、省エネルギー対策、海賊等に対するテロ対策など、船舶運航に求められている状況は厳しさを増しており、より安全で、効率的な運航体制を築くためには、船内の情報の統合化・IT 化はもとより、船陸間通信を利用した陸上からの支援が必要不可欠であると考えられている。

そこで、東京海洋大学海洋工学部では、今後上記の諸問題に対応するべく、「先端ナビゲートシステム」を開発した。このシステムは、衛星通信を用いることにより高速大容量通信が船舶との間で可能となり、今まで取り扱うことができなかった情報、例えば、詳しい「気象・海象情報」や「水路情報」、東京湾内に 3 局設置しているレーダー基地からの「レーダー情報」、近くの船舶からの「航海情報」、「機関情報」などを船陸間で共有すること、また陸上ではそれらの情報を一元的に管理、解析することも可能としている。

また、システムは GIS (Geographic Information System (地理情報システム)) をインターフェースとして構築されており、取得した情報やデータを GIS ベースで管理することでユーザーが分かりやすく、取り扱いやすいシステムとなっている。

さらに先端ナビゲートシステムは、収集・管理している情報を用いて、新たな研究やシステム開発が可能であり、また、その成果を先端ナビに反映出来る。

本論文では、先端ナビゲートシステムを用いた基礎研究として、先端ナビの運用の習熟と、AIS 情報を使用した、主観的衝突危険度の判定、その結果を先端ナビゲートシステムでの表示することと、東京湾における衝突危険度の解析結果を出すことを目的とする。

## 2 船舶運航の現状と次世代の船舶運航

ここでは運行管理・運航支援に関して、海事関係以外についてと比較しながら述べる。

### 2.1 運航管理・運航支援とは

#### 【運航管理】

運航管理とは一般的に、船舶や航空機等の輸送において、「安全性」、「効率性」及び、「定時性」等を確保するために運航全体を把握し、乗組員へ適切な情報を提供し、必要時には的確な指示を与える等、確実な運航を確保するための業務である。一部の船舶及び航空の分野においては、「運航管理者」として国土交通省が資格を設けている。その中で船舶においては認定資格として、航空においては試験を実施し資格を与えている。

#### 【運航支援】

運航支援とは、船舶や航空機の運航に必要な「船舶・航空機の状態」や「気象・海象情報」「政情・社会状況」といった多種多様な情報を、総合的に収集・管理・解析し、それらの情報を基に、リアルタイムに高度な情報解析と情報交換を行うことで、運航をサポートすることである。今後、これら運航や機関、荷役といった別々のオペレーションは、一か所で統合的に管理し、これまでよりも効率的に、サポート体制を築くことが望まれる。さらに、同じ情報を時間差なく共有することが出来れば、迅速かつ的確に指示や助言を出すことも可能となる。現在、代表的な船会社や航空会社は「運航管理」から「運航支援」へとシフトしており、運航支援が運航の中核としての役割を担ってきている。

ここで本研究では、電車などで用いられる「運行」と、海運や航空で用いられる「運航」を、「運航」と呼ぶこととする。

次章で述べるが、海運は、法人へのサービスが主なのに対し、空輸・鉄道は、個人へのサービスが主である為、運航管理・支援においても利用客へのサービスが組み込まれている。

また、空輸・鉄道では海運よりも先駆けて運航管理・支援の体制作りが行われており、それぞれ海運が目指す「作業効率化」や「現場の負荷減少」といった結果が文献上方向されている。

しかし、いかに良い運航管理システムが導入されていても、そのシステムを使いこなすには、システムに関する多くの知識と経験、運航管理システムに携わる者同士の連携が必要不可欠である。例えば、平成23年1月17日に発生したJR東日本の新幹線運航管理システム（COSMOS）のトラブルは、システムの処理能力の限度値を超えた為に発生したシステム障害と、それに伴う、運航本部内の連携ミスが原因であったと言われている。今後、様々な輸送分野において運航管理システムは導入されていくと考えられるが、ダイヤ改正など運航やシステムの基本に関わる変更がある際には、必ずシステムの見直しをする必要があるということを、このトラブルは示している。また、最新のシステムを使いこなす為には、今まで以上に関係者内の連携が必要であり、それにより、システムに関わる多くのミスやトラブルを、排除することが可能になると思われる。

## 2.2 現在の運航管理・運航支援の現状

### 2.2.1 海運

1 章で既述したように、環境問題や省エネルギー、安全運航に必要不可欠となってきた海賊等に対するテロ対策など、船員の置かれている状況が厳しさを増している。その中で海運会社も現行の荷役中心の運航管理から、2.1 章で述べた運航支援に近いシステムへとシフトしてきている。

表 2.1 では、代表的な海運会社、日本郵船株式会社（以下、NYK と呼ぶ）、商船三井株式会社（以下、MOL と呼ぶ）、川崎汽船株式会社（以下、”K”LINE と呼ぶ）の 3 社の運航管理・運航支援体制を示している。また、図 2.1 から図 2.3 はそれぞれ 3 社の代表的なシステムのイメージ図である。

表 2.1：大手海運会社 3 社の運航管理・支援体制の比較

	システム名・センター名	特徴
NYK	NYK e-missions'	<ul style="list-style-type: none"><li>・運航船舶の常時モニタリング</li><li>・全世界の海気象状況の把握</li><li>・停泊地・航路上のリスク予想</li><li>・運航船と運航担当者間のタイムリーな情報共有</li></ul>
MOL	安全運航支援センター (SOSC)	<ul style="list-style-type: none"><li>・運航船舶のモニタリング</li><li>・全世界の海気象状況の把握</li><li>・異常な荒天・津波情報の提供</li><li>・海賊・テロ情報の提供</li><li>・ヘルプデスクとして、安全運航に関する応急の問い合わせ対応</li></ul>
”K”LINE	電子アブログシステム (SPAS)	<ul style="list-style-type: none"><li>・アブログを電子化</li><li>・船舶運航データを日々送信し、自動的に蓄積・集計</li><li>・海技や運航上のノウハウ・解析手法も集積されている</li><li>・環境対策の強化 (CO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>、SO<sub>x</sub> の排出量の算出・集積)</li></ul>

3 社とも船舶のモニタリングと海気象状況の把握を主としており、似たような特徴をしている。”K”LINE においては環境対策も含まれており、今後、更に厳しさを増す環境保全対策に力を入れている。

また、その他の海運会社においても、今まで以上に運航管理の体制を強化するなどしており、運航管理・支援の分野の進展が期待されている。

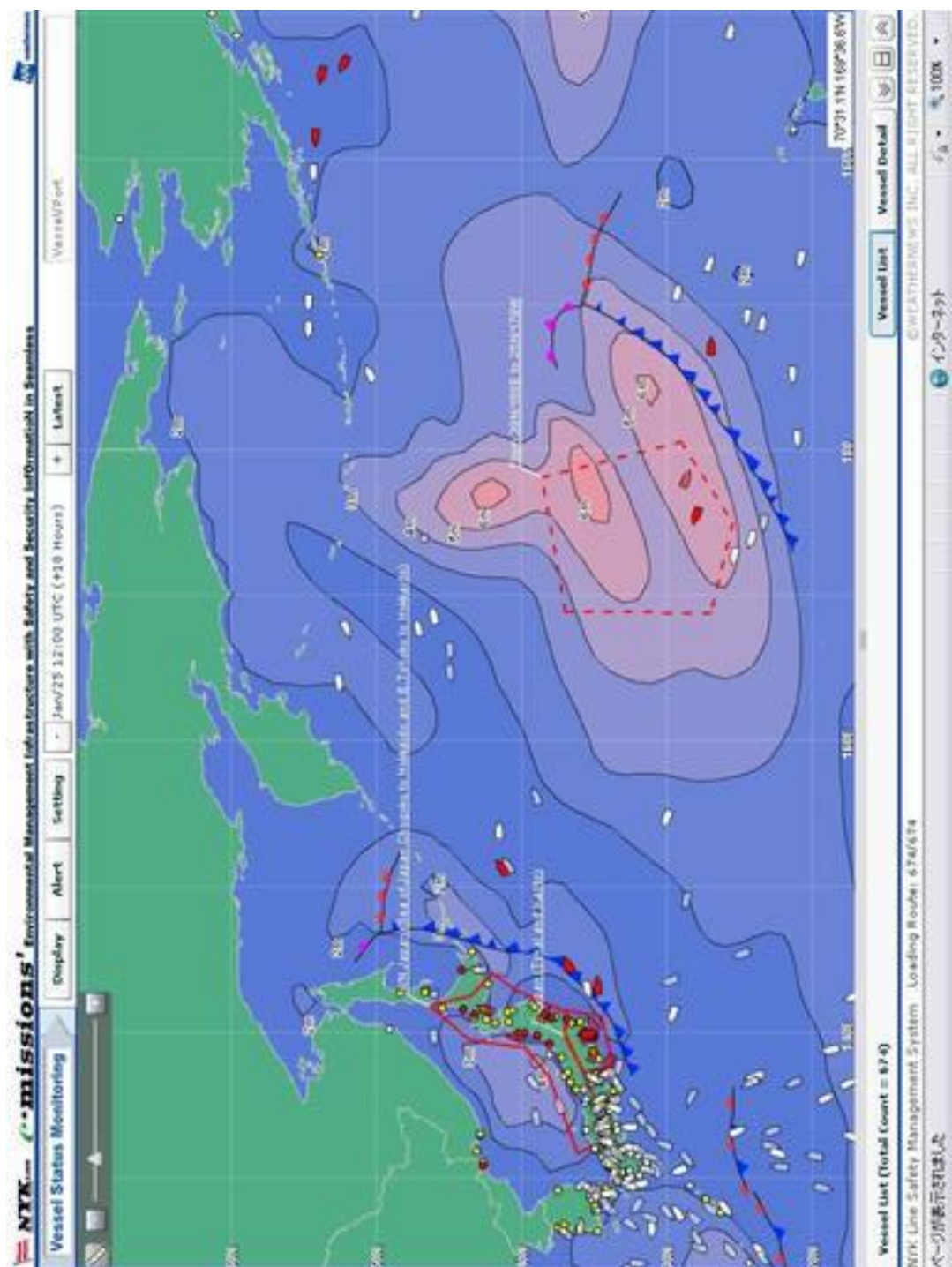


図 2.1 : NYK e-missions'の一画面

(出典 日本郵船 HP [http://www.nyk.com/release/787/NE\\_100126.html](http://www.nyk.com/release/787/NE_100126.html))



図 2.2 : MOL 安全運航支援センター (SOSC)  
(出典 商船三井グループ 環境・社会報告書 2010)



## System Architecture for SPAS

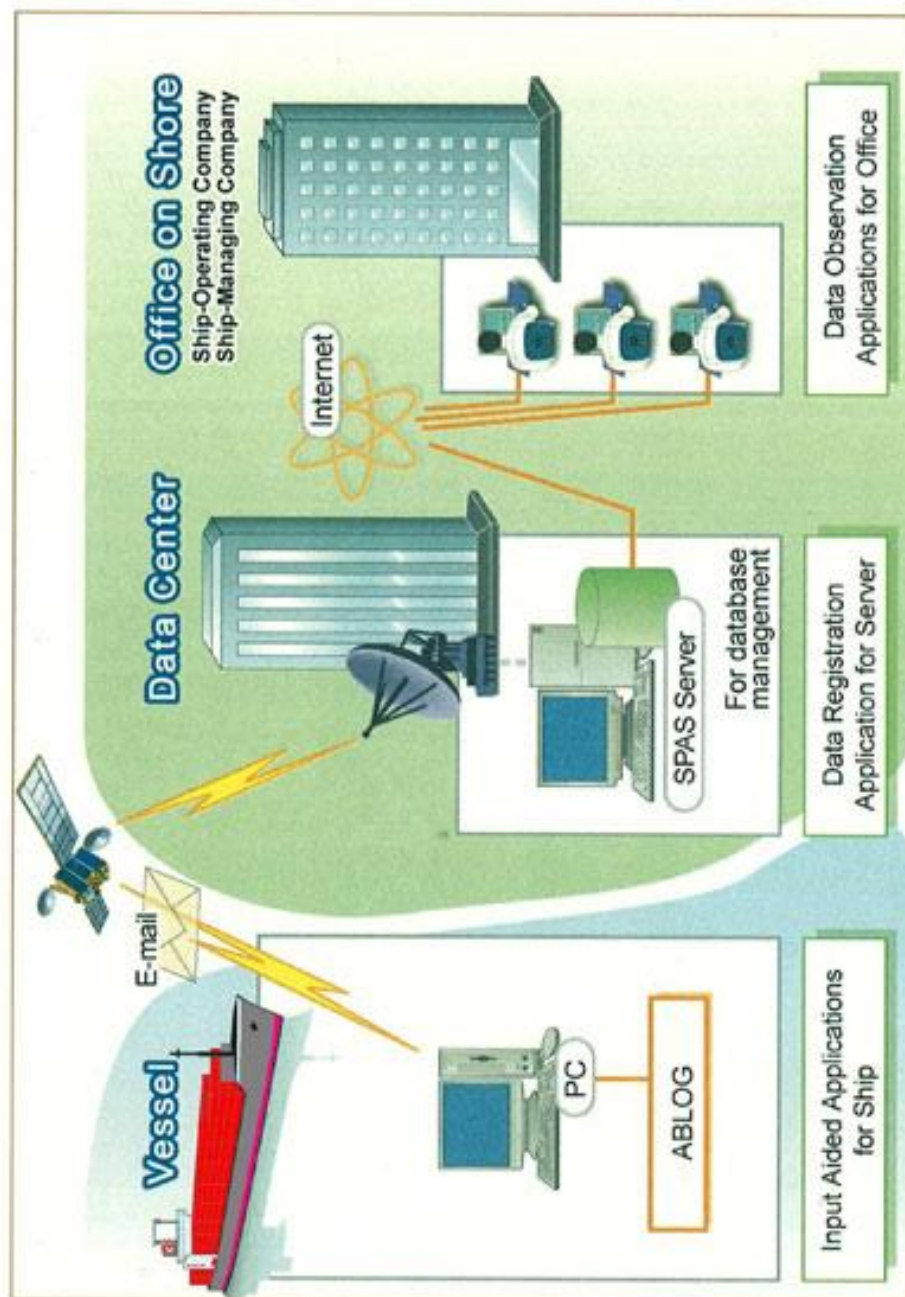


図 2.3 : “K”LINE 電子アブログシステム (SPAS)

(出典 川崎汽船 HP <http://www.kline.co.jp/news/2010/100107.htm>)

## 2.2.2 その他運輸（空輸、鉄道）との比較

### 【空輸】

ここでは、全日本空輸株式会社（以下、ANA と呼ぶ）に焦点を置き説明する。

ANA では、オペレーション・コントロール・センター（Operations Control Center 以下、OCC と呼ぶ）を設置し、フライトに必要な様々な情報と機能を1か所に集約し、ANA 機の運航を支援している。

OCC は、「運航管理」と「ダイヤ管理」を融合している。構成は、整備本部の「メンテナンス・オペレーション・センター（MOC）」、パイロットのスケジュールを担当する「スケジュールコーディネーター」、「客室本部のオペレーション担当」、飛行計画作成を行う「航務担当」、機材運用の調整を担当する「ダイヤ管理部門」の5つのセクションから構成されている。そして、オペレーションディレクターが全体を取りまとめ、24 時間体制で運航をサポートしている。1 か所で統括的にコントロールすることで、コミュニケーションがよくなり、同じ情報を時間差なく部門の垣根を越えて共有することが出来ようになり、迅速かつ的確な運航に関する判断が行われている。

最近ではOCCに「オペレーションコーディネーター」を加え、運航支援で得た情報を基に利用客へのサービスも実施している。

図2.4 はOCC の写真である。



図2.4：OCC

（出典 全日空 HP <http://www.ana-pr.jp/blog/portal/index.php>）

## 【鉄道】

ここでは、東日本旅客鉄道株式会社（以下、JR 東日本と呼ぶ）について説明する。

JR 東日本では東京圏輸送管理システム（以下、ATOS と呼ぶ）を導入することで、首都圏の高密度線区においてリアルタイムで列車運転状況の把握を可能とし、2 分から 3 分間隔で走る世界有数の運航を管理している。

ATOS の構成は「指令での情報管理」、「自律分散システムによる列車群管理」、「保守作業管理の支援」、「輸送障害時の運転調整」「利用者への情報提供」等から成っている。ATOS 導入以前は「駅中心の運転業務」だったが、導入後「指令室中心の運転業務」となった。その結果、現場の負荷が減少することで、利用客へのさらなるサービス提供に繋がり、また、運航管理においても「輸送障害時の早期対応と短時間で平常運転への回復」や「保守作業の効率化・安全性の向上」等へ繋がっている。

最近では指令に集まる情報に基づいて電気掲示器や自動放送、車両内ディスプレイを利用した「時刻表案内」や「列車遅延情報」といった情報提供も行っている。

図 2.5 は ATOS の運航本部の写真である。



図 2.5 : ATOS

(出典 JR 東日本 HP <http://www.jreast.co.jp/>)



### 3 先端ナビゲートシステム

東京海洋大学に平成 22 年度に設置された先端ナビゲートシステム（以下、先端ナビと呼ぶ）は、船舶運航に関する多種多様な情報を、効率的かつ統合的に収集・管理・解析し、運航支援に関する教育及び研究開発を行うシステムである。

この先端ナビの最大の特徴は、「先端ナビで収集・管理している情報を用いて、新たな研究やシステム開発が可能であり、また、その成果を先端ナビに反映出来ること」である。先端ナビは、東京海洋大学の主導のもと、日本無線株式会社（以下、JRC と呼ぶ）等と共に開発したシステムである。

本章では、主に第 4 章で使用する先端ナビの機能について述べる。したがって、ここで述べる以外の先端ナビの機能については、付録 1 において記述する。

#### 3.1 先端ナビゲートシステムの構成

先端ナビでは、「海洋ブロードバンド」、「海洋 GIS」、「リアルタイムとプレイバック」、「Silverlight」を 4 つの柱として設計した。以下においてそれぞれについて説明する。

##### 3.1.1 海洋ブロードバンド

先端ナビゲートシステムで使用している海洋ブロードバンド（以下、海洋 BB と呼ぶ）とは、海洋ブロードバンド研究プロジェクトにおける、「衛星通信を用いた海洋における船陸間の高速大容量通信」のことである。プロジェクト自体は平成 15 年度から実施されているものであり、東京海洋大学を中心とした産学連携によって行われている。

使用している衛星は、スカパーJSAT 株式会社（以下、スカパーJSAT と呼ぶ）の「JCSAT-1B」、通信には Ku バンド（下り 12GHz、上り 14GHz）を利用している。この「JCSAT-1B」は、スカパーJSAT において「Ocean BB」としてサービスが提供されており、商船三井客船株式会社の「にっぽん丸」などで使用されている。衛星アンテナは KVH・三菱電機製の「TracPhoneV11」を使用している。この衛星アンテナは通信品質の確保ため、衛星を自動的に追尾し、更に船体の動揺やエンジン、プロペラの動作による振動下でも高精度の衛星追尾が可能となっている。

海洋 BB の伝送速度は「下り最大約 1.0Mbps、上り最大約 512Kbps」となっており、海上で用いられていた従来の INMARSAT 通信の約 2 倍の速度である。

また、海洋ブロードバンドシステムの通信では、VPN（Virtual Private Network）を使用し、個々の船舶情報は安全に目的の場所に送ることが出来る。

今回はこの海洋 BB を使用して、汐路丸より針路や船速、舵角、ロール角、ピッチ角などといった「航海情報」や、主軸回転数、軸馬力、Water Line などの「機関情報」、「Web カメラ」や「レーダー映像」などを先端ナビのサーバへ送信している。

図 3.1 は、海洋 BB の全体図を示す。

図 3.2 は、汐路丸にて使用している衛星アンテナを示す。

図 3.3 は、汐路丸の研究室に設置されている海洋 BB 制御用 BOX を示す。

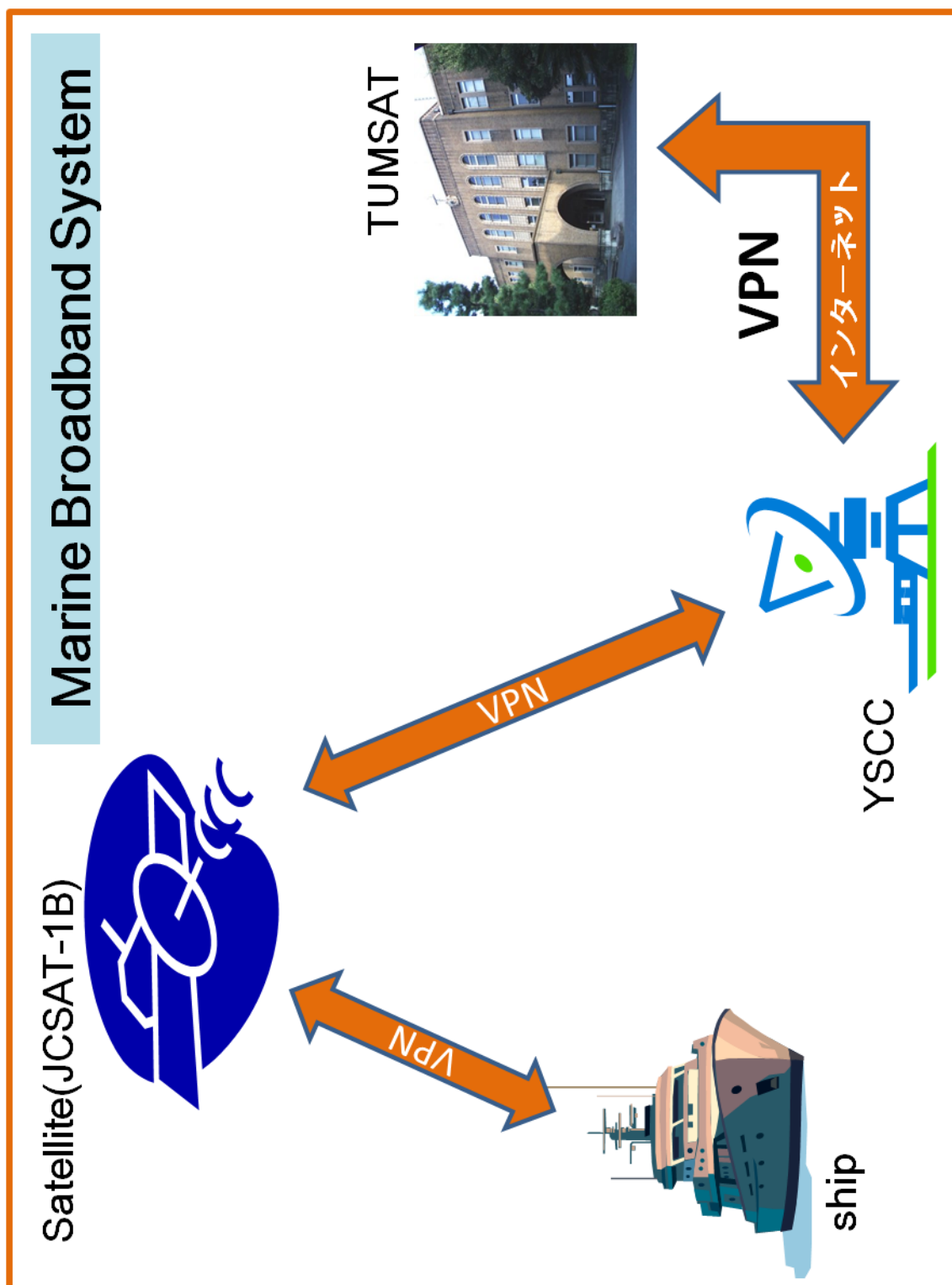


図 3.1 : 海洋BB



図 3.2 : KVH、三菱電機製の衛星アンテナ「TracPhoneV11」



図 3.3： 海洋 BB 制御用 BOX（BOX にモデム、サーバ等を収納）

### 3.1.2 海洋 GIS

#### 【GIS】

GIS とは、「Geographic Information System（地理情報システム）」の略称のことであり、国土交通省国土地理院では「地理的位置を手がかりに、位置に関する情報を持ったデータ（空間データ）を総合的に管理・加工し、視覚的に表示し、高度な分析や迅速な判断を可能とする技術である。」と定義されている。平成 7 年 1 月の阪神・淡路大震災の反省等をきっかけに、政府において GIS に関する本格的な取り組みが始まり、「地理空間情報活用推進基本法（略：NSDI 法）（平成 19 年法律第 63 号、平成 19 年 5 月 23 日成立、5 月 30 日公布、同年 8 月 29 日施行）」等の法律が施行した。平成 23 年度までに、地理空間情報に関する総合的、かつ体系的な基盤の構築等を行うとしている。

図 3.4 は、GIS の最大の特徴であるレイヤー（層）構造を示している。この様にレイヤーごとに各情報を格納することが可能であり、また、重ね合わせて表示することも可能である為、ユーザーはベースとなる地図の上に必要なレイヤーを組み合わせて表示し、多種多様な情報を分かりやすく容易に取得、解析・分析することができる。その為、空間データ精度とその選択や収集が非常に重要となっている。

また、現在多くの GIS は GPS と連携している。国土利用などにおいては、GIS をベースにしたハザードマップ（図 3.5）を作成し、災害状況の把握、復旧・復興支援など多岐にわたり活用されている。身近な分野では、カーナビゲーション、スマートフォンを用いた地図検索（図 3.6）などであり、また、高齢者や子供の見守り・移動支援用などにも使用されている。

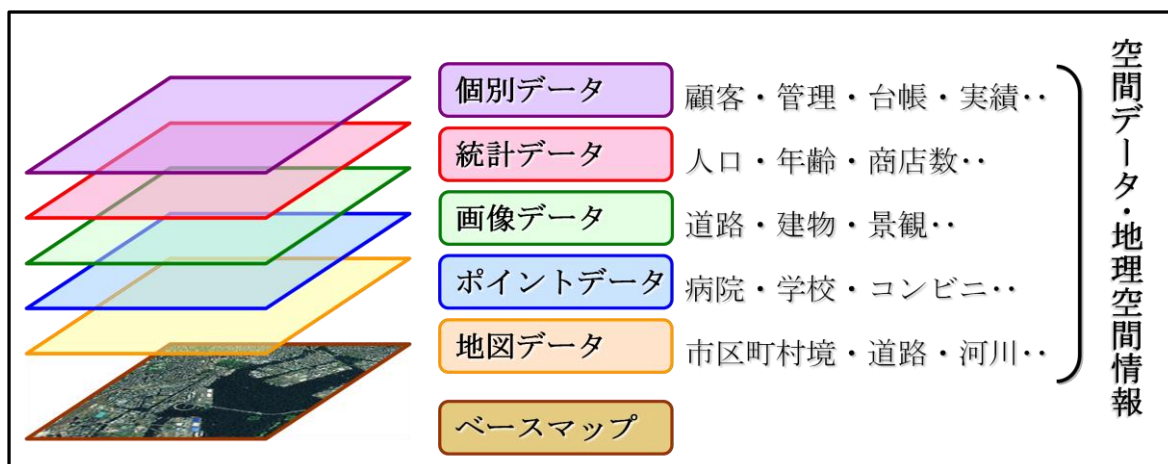
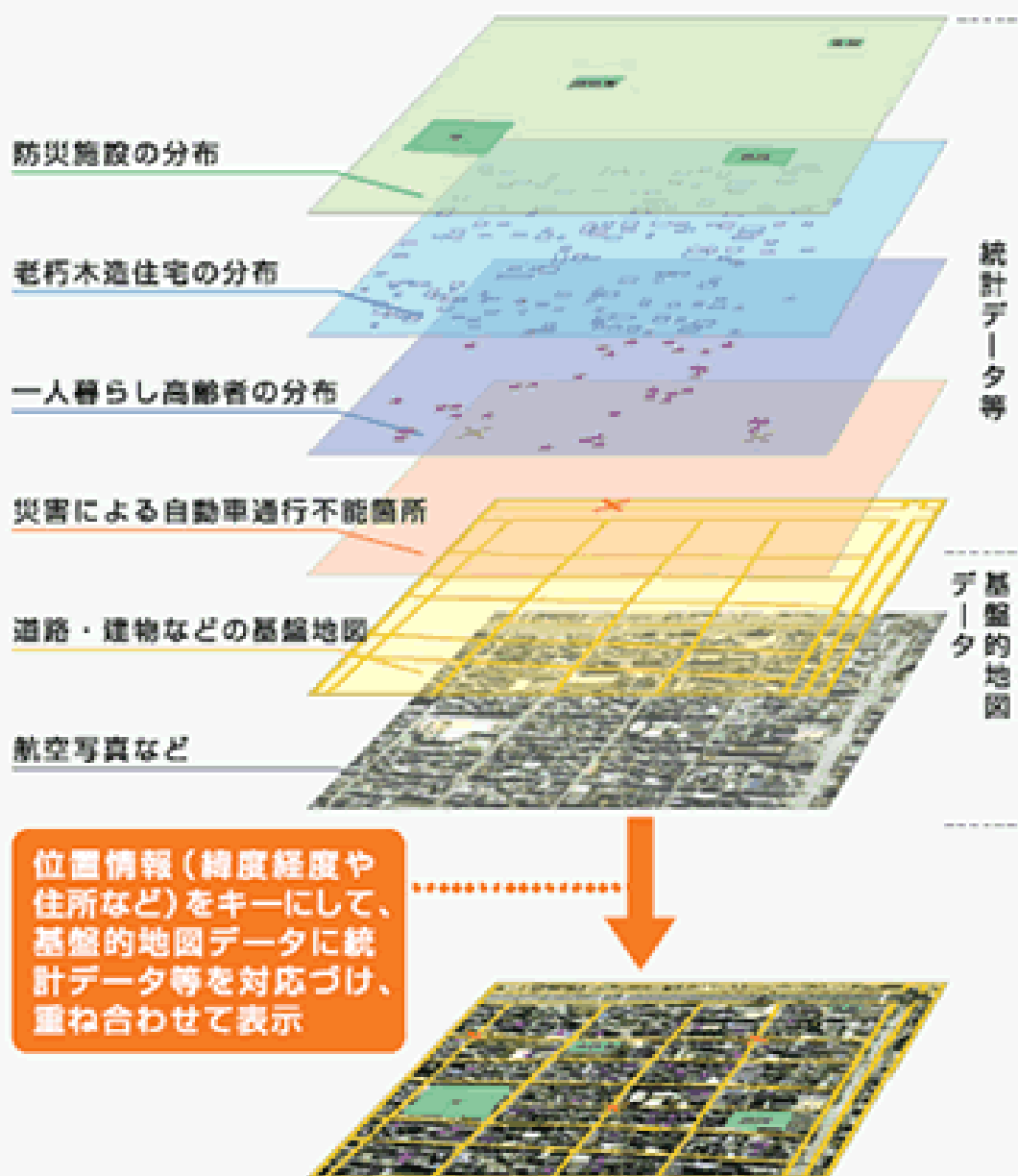


図 3.4： GIS レイヤー構造例

## [災害対策における地理情報の重ね合わせ例]



様々な情報の関連性が一目でわかり、  
総合的な対策を考えることができる

図 3.5 : GIS の使用例 1

(出典国土交通省 HP <http://www.mlit.go.jp/kokudokeikaku/gis/index.html>)





図 3.6 : GIS の使用例 2  
(iPhone アプリ「CAFE DOCO」)

## 【海洋 GIS】

海洋向けの GIS は、海洋科学の分野において資源管理などの面で先行して利用されてきた。しかし、海事関連分野においては、航海用電子海図など限定的なものが多い。また、海事関連分野においては、IHO（International Hydrographic Organization：国際水路機関）が、「水路情報のための地理空間データ基準（S100）」と、「電子海図製品仕様（S100）」などの基準を明確に設定したことで、今後は、電子海図以外の Marine GIS が、作成されることが期待されている。

そこで、本研究では、図 3.7 の海洋 GIS のレイヤー構造例のように、船舶運航管理を核とした海洋向けの GIS を構成し、海洋 GIS と定義することにした。

海洋 GIS の基本となる地図（ベースマップ）は、全球海図を用いることとし「C-MAP+ World Coverage」を採用した。これにより、海上交通には欠かせない海図情報を、利用することが可能となった。

先端ナビでは、ベースマップ以外に下記の情報を GIS のレイヤー（図 3.8、図 3.9）として扱うことにした。

- ・ 海図情報
- ・ 東京湾レーダー画面情報
- ・ 東京湾 AIS 情報
- ・ 東京湾風向風速情報
- ・ 沿岸波浪数値予報モデル情報
- ・ 全球波浪数値予報モデル情報

また、東京湾の状況を把握するための Web カメラ等の情報も収集し、総合的に情報を扱えるようにしている。（3.5 章データ収集・内容を参照）

海洋 GIS の構成は、GIS データベースを大学内のイントラネットに構築し、収集された各種空間情報や解析結果を、Web サーバにて公開する Web GIS の形態となっている。その為、イントラネット内、もしくは VPN 内であればどこからでもアクセスすることが可能となっている。

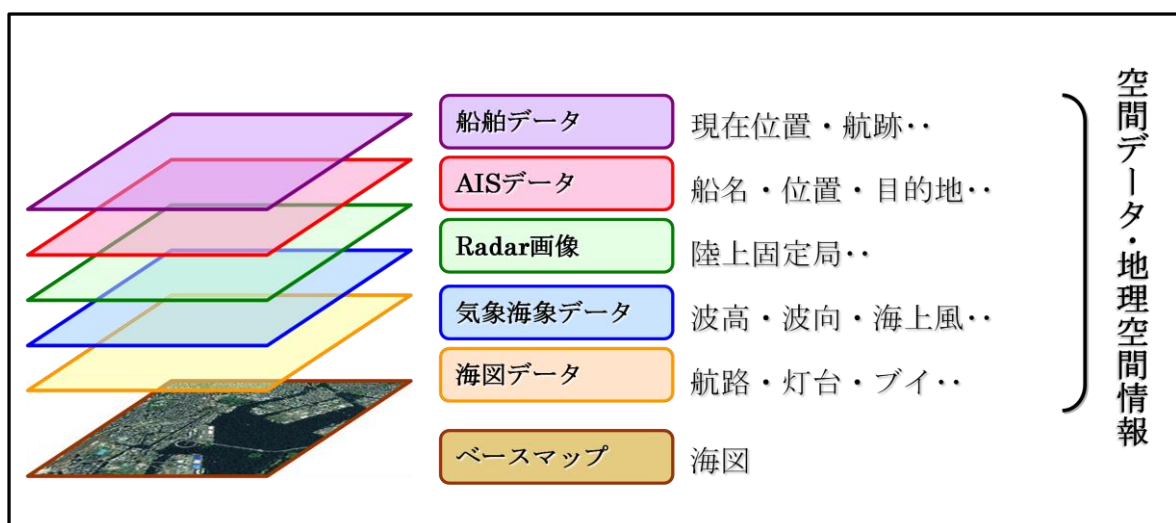


図 3.7： 海洋 GIS レイヤー構造例



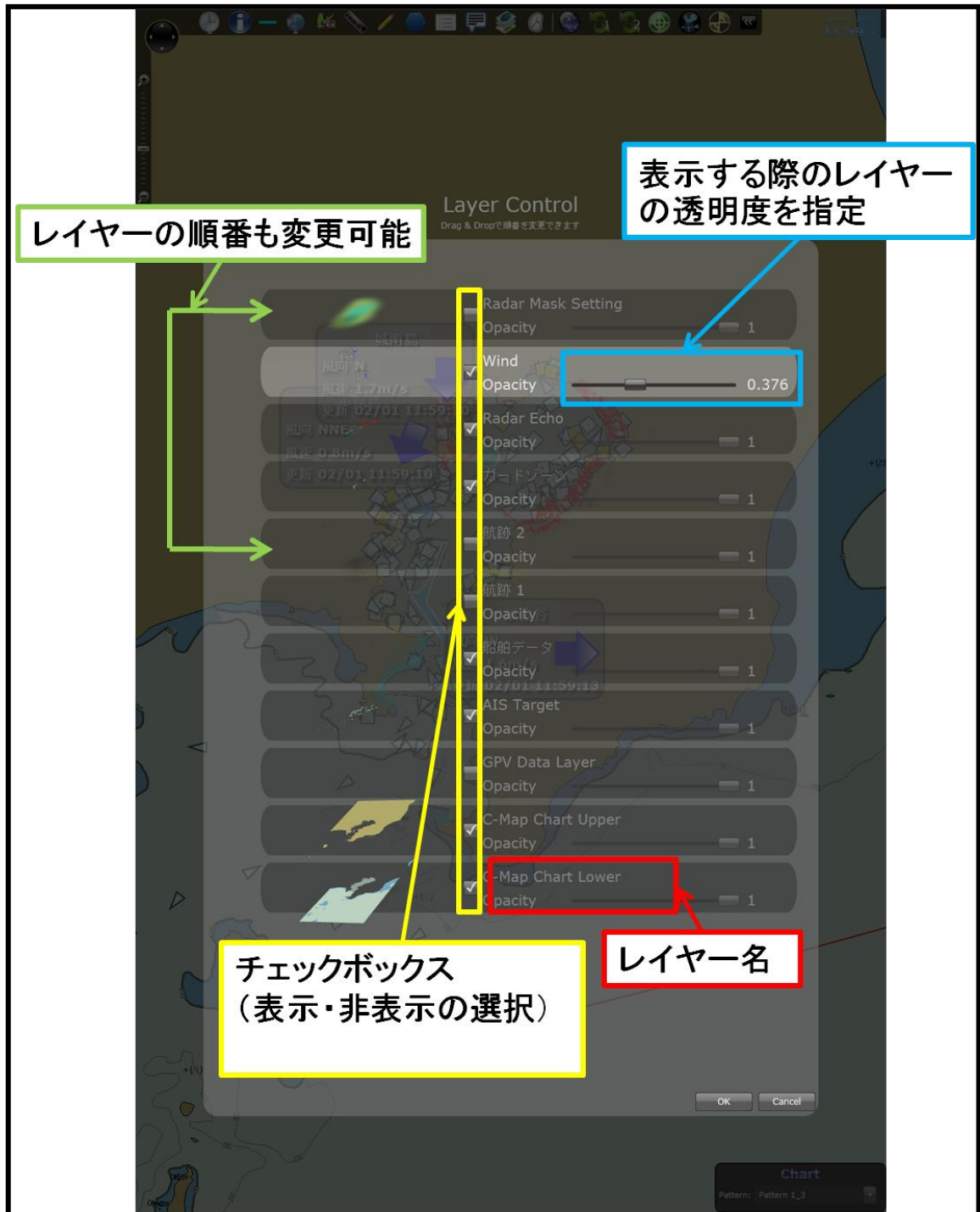


図 3.8 : 海洋 GIS レイヤー図

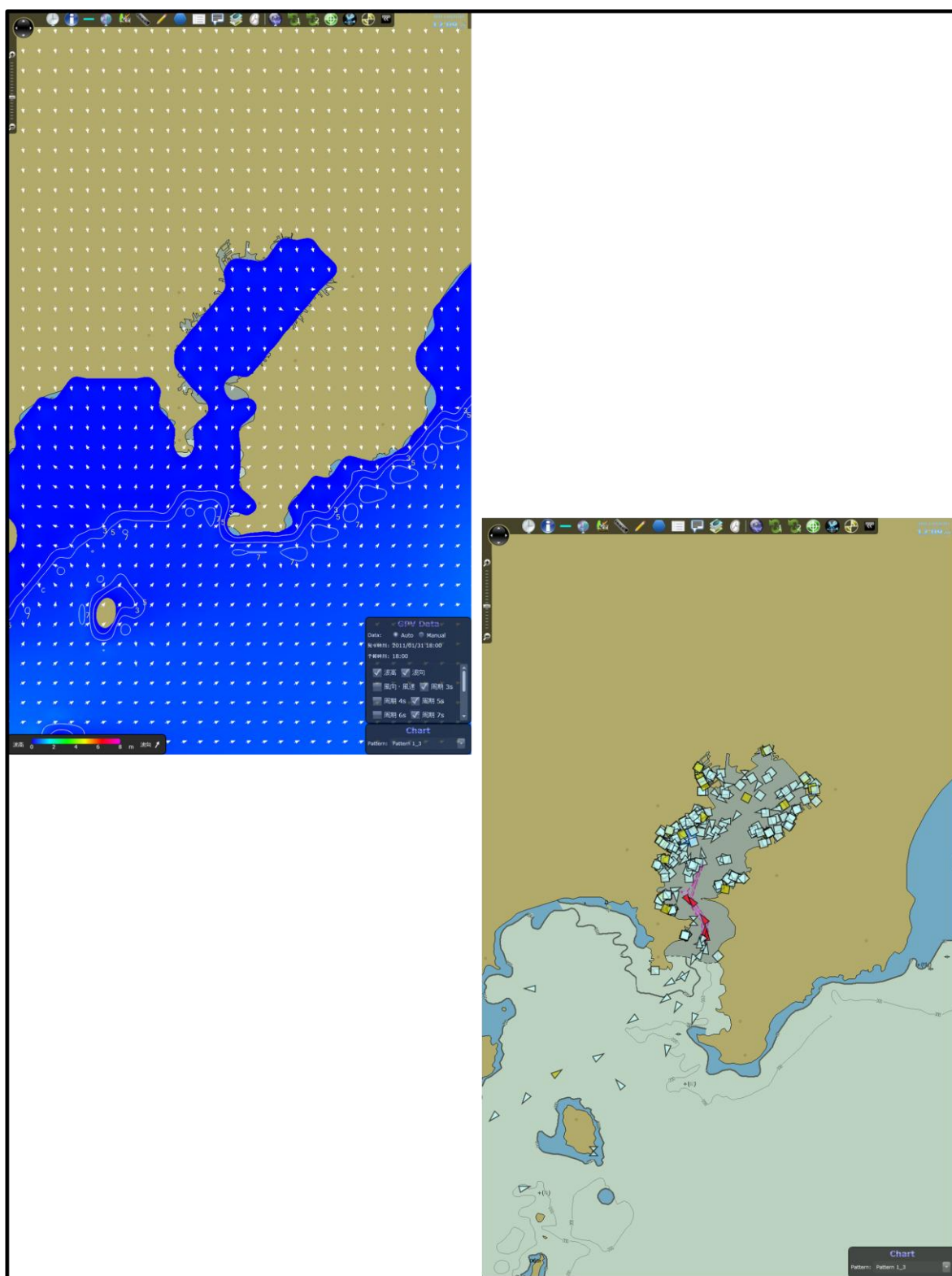


図 3.9 : レイヤー海図と単独データの表示例

また、図 3.8 の海洋 GIS レイヤーには、研究用のレイヤーとして「航跡 1」と「航跡 2」が設置されている。このレイヤーは、Web サーバ内の Extensible Markup Language（以下、XML と呼ぶ）ファイルを編集することで、図 3.10 の様に表示することが出来る。更に、海上交通工学などの研究結果を、表 3.1 と表 3.2 に基づいて XML 形式で書くことにより「航跡 1」、「航跡 2」として表示することも可能である。「航跡 1」と「航跡 2」は、それぞれ「WR\_OUT.xml」、「WR\_ISO.xml」として、Web サーバの D ドライブ上にある「Data」フォルダに格納されている。そのため、研究結果を先端ナビで表示させるためには、作成した XML ファイル名を「WR\_OUT.xml」、「WR\_ISO.xml」のどちらかに変更し、「Data」フォルダに格納する必要がある。

表 3.1 は先端ナビで用いる XML オブジェクトの説明、表 3.2 は先端ナビで用いる XML タグの説明である。

図 3.10 は「航跡 1」と「航跡 2」に表示された最適航路計算の図である。

また、研究結果を表示させるためにレイヤー自体を追加することも出来る。これについては、第 4 章で述べる。

表 3.1： 先端ナビで用いるオブジェクト

種類	説明
Text	文字列を指定位置に出力
FixEllipse	指定位置に固定サイズの円を出力
ScalableEllipse	指定された東西南北に内接する円を出力
FixPolyline	指定位置に固定サイズの線を出力
ScalablePolyline	指定された座標を点とする線を出力
FixPolygon	指定位置に固定サイズのポリゴンを出力
ScalablePolygon	指定された座標を点とするポリゴンを出力
ScalableImage	指定された東西南北の範囲に内接する画像を出力
FixImage	指定位置に固定サイズの画像を出力

表 3.2： 先端ナビで用いるタグ

タグ	説明
Type	オブジェクトの種類を指定
Latitude	配置する緯度を指定
Longitude	配置する経度を指定
Alpha	透過率を指定
Width	オブジェクトの幅を指定
Height	オブジェクトの高さを指定
Foreground	文字色・線色を $\alpha$ RGB で指定
TextValue	Type が Text の時に表示文字列を指定
FontSize	Type が Text の時にフォントサイズを指定

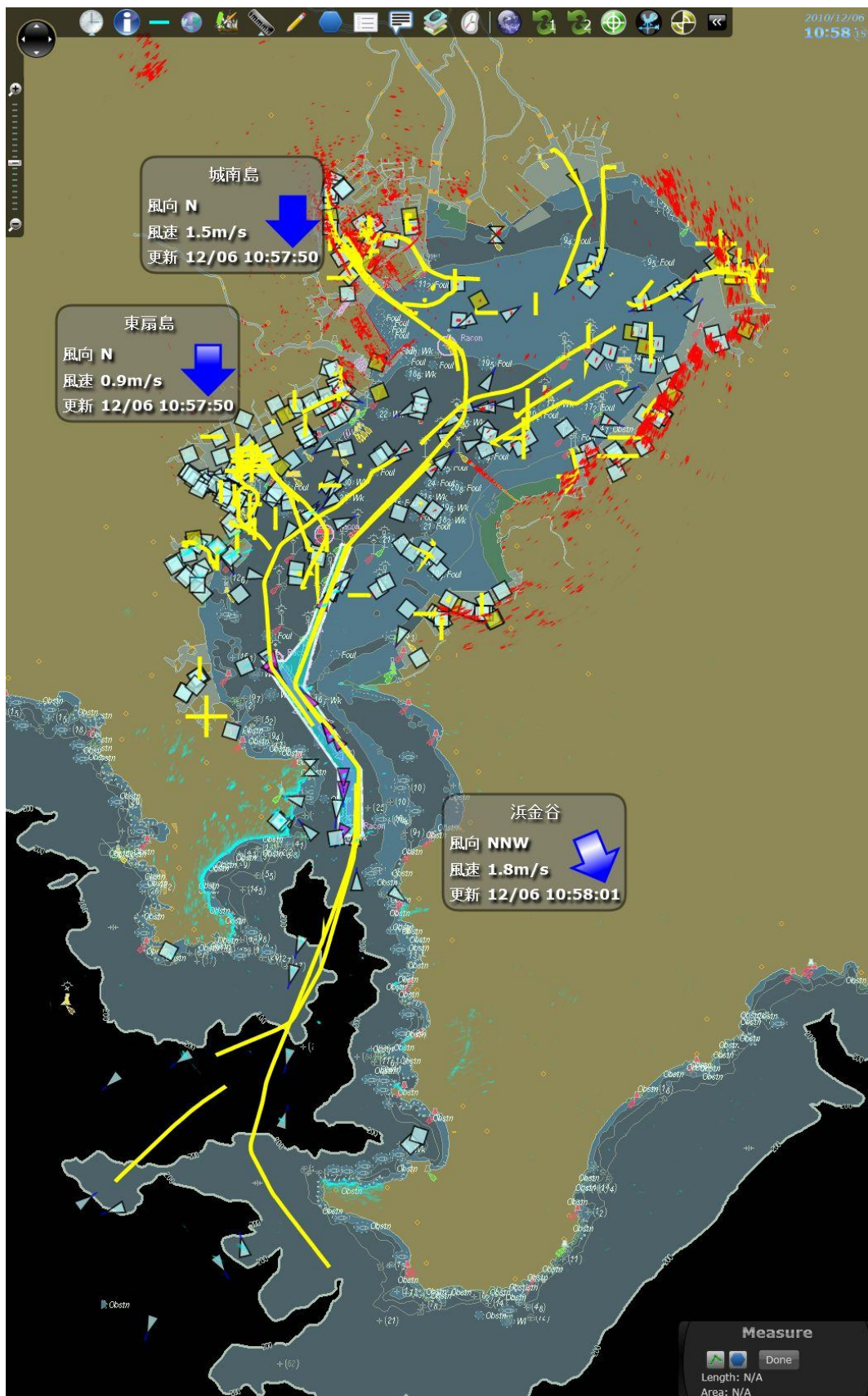


図 3.10：航跡1・2を使用した場合

### 3.1.3 リアルタイムとプレイバック

先端ナビでは、取得したデータをリアルタイムに表示させている。それにより今現在の東京湾の状況を把握することが可能である。また、海洋 BB を使用して取得した航海情報や機関情報もリアルタイムに表示させることとした。それにより、所有している船舶の動作状況を確認すると同時に、東京湾内に関しては、周囲の動静も確認することを可能とした。取得したデータは、システム内のデータベースに保存することとした。さらに、システムにプレイバック機能を搭載し、図 3.11 のように、過去の船舶の動静や気象の変化などを連続再生表示することを可能とした。

図 3.11 は、実際のプレイバックの画面である。

これにより、東京湾にて海難事故などが発生した時には、航跡や気象海象情報、周囲の船舶動静状況などを入手することが可能となり、当時の再現や独自の事故解析及び、事故のシミュレートすることも可能となった。

さらに授業や研究においては、プレイバック機能を使用することにより、実際の海上交通状況の再現及び変化を調査・解析することが出来、より実践的な授業や研究を行うことが出来る。



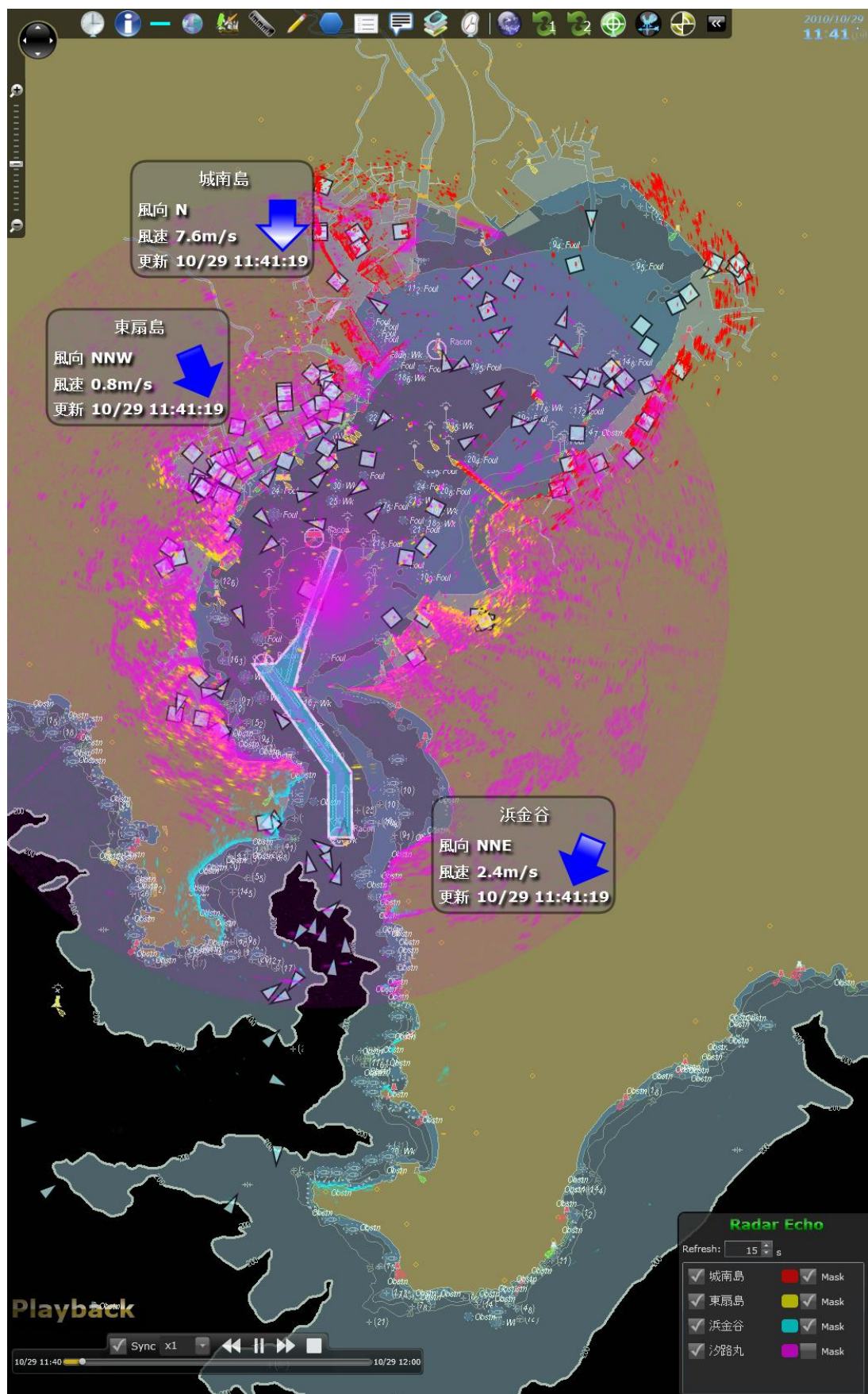


図 3.11 : プレイバック画面

### 3.1.4 Silverlight

先端ナビの表示部分は「Silverlight」を使用し、Web ブラウザ上で動作するものとして作成されている。「Silverlight」とは、Microsoft が開発・提供しているものであり、Web ブラウザ上でリッチインターネットアプリケーション（以下、RIA と呼ぶ）と呼ばれている、操作性や表現力に優れた Web アプリケーションを実現するためのアプリケーション開発フレームワークである。RIA の代表的なものには Adobe の「Flash」やオープンソースの「Java アプレット」などがある。

「Silverlight」を用いることにより、アニメーションなどを用いた豊かな表現力を持ち、機能性や操作性に優れた Web アプリケーションを作ることが可能である。これは、先端ナビにおいて、「Silverlight」を使用することとした大きな理由である。

本研究では、「Silverlight」で作成するに当たり、以下の開発ツールを使用した。

- Microsoft Visual Studio 2008 及び、Visual Studio 2008 Service Pack 1
- Silverlight 3 Tools
- Silverlight 3 Toolkit November2009
- Microsoft Silverlight 3 SDK
- Silverlight ランタイム
- Microsoft Expression Blend 3

開発に必要なオプションのファイルは、JRC より提供され、ファイル名を以下に示す。

- Microsoft.Maps.MapControl.Common.dll
- Microsoft.Maps.MapControl.dll
- Navigation.Common.dll
- NavigationCommon.dll
- Navigation.dll
- AISInterfaceWN.dll
- AISInterfaceSL.dll

今回の表示部分の開発には、「.NET Framework3.5 (C#)」と「eXtensible Application Markup Language（以下、XAML と呼ぶ）」を使用した。

「.NET Framework3.5」は、Microsoft が開発した、アプリケーション開発、実行環境のことである。「XAML」は、Microsoft が開発した、次世代アプリケーション向けマークアップ言語のことである。

## 3.2 表示方法

ここでは、海洋 GIS の表示について述べる。船舶情報やその他の情報表示については、付録 1 にて述べる。

### 3.2.1 海洋 GIS

先端ナビは、3.1.2 章で既述した海洋 GIS と、3.1.4 章で既述した Silverlight を使用し、付録 1 の A.1.4 章で既述している海図やレーダー情報、AIS 情報、気象情報等を表示している。それぞれのデータは個別のレイヤーとして独立しており、図 3.8 の様に表示されている。

レイヤーの選択、表示順、透過率はユーザーが自由に設定することが可能（図 3.8）であり、どのレイヤーに重点を置くかにより GIS の表示が変化する。その為、先端ナビの大型モニタには表示方法別に常時以下の 3 種類を表示させている。

- 位置表示（図 3.12 で示す）  
位置情報が更新されるたびに表示が更新される。
- 気象海象情報（GWM および CWM）（図 3.13 で示す）  
30 分おきに画面が更新される。
- AIS 表示（図 3.14 で示す）  
AIS 情報に合わせて更新される。

その他にも、以下のような表示例が可能である。

- レーダー表示  
レーダー情報に合わせて更新される。
- AIS+レーダー表示（図 3.14 で示す）
- 東京湾風向風速情報+気象海象情報（GWM および CWM）（図 3.15 で示す）



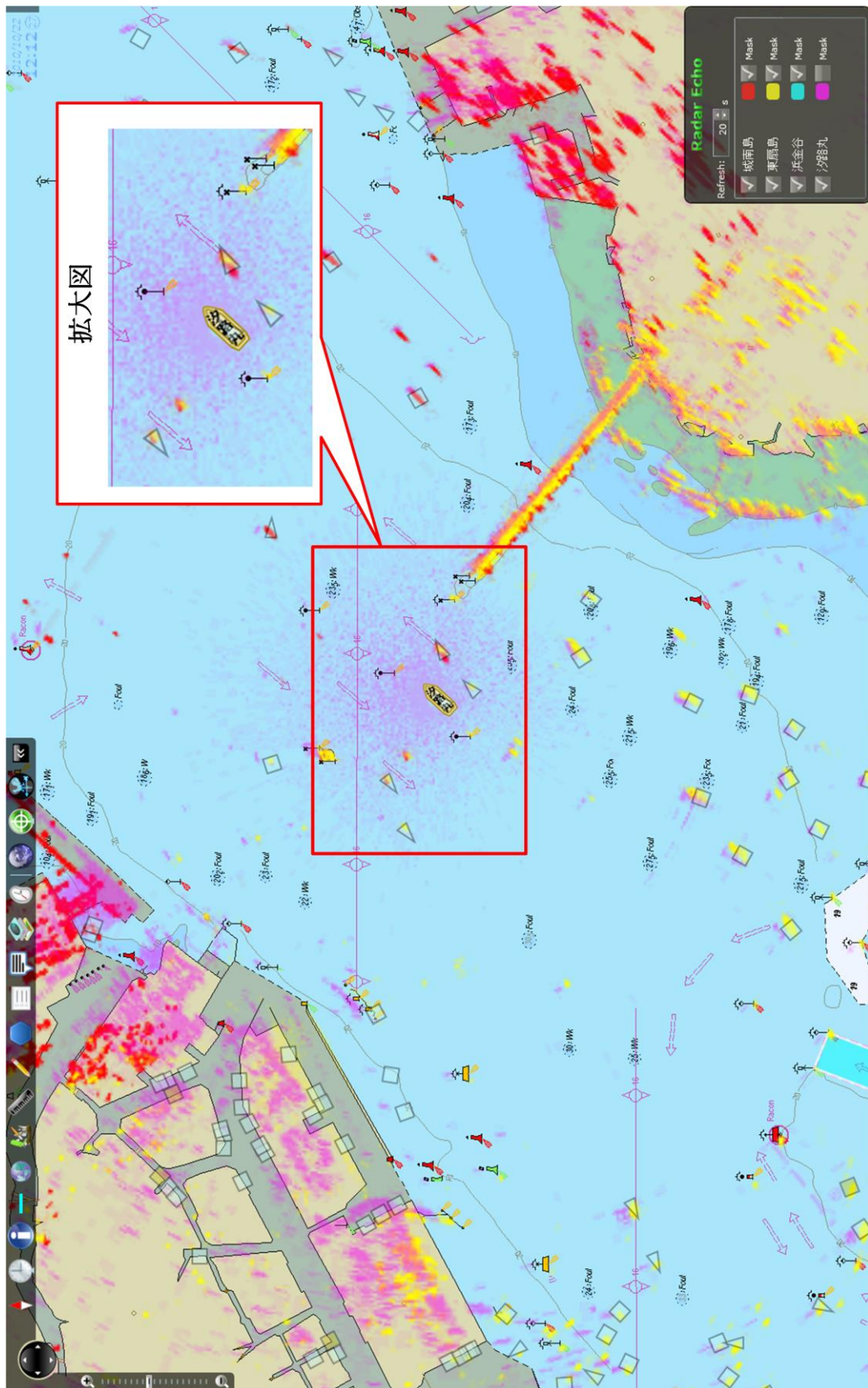


図 3.12： 汐路丸位置表示

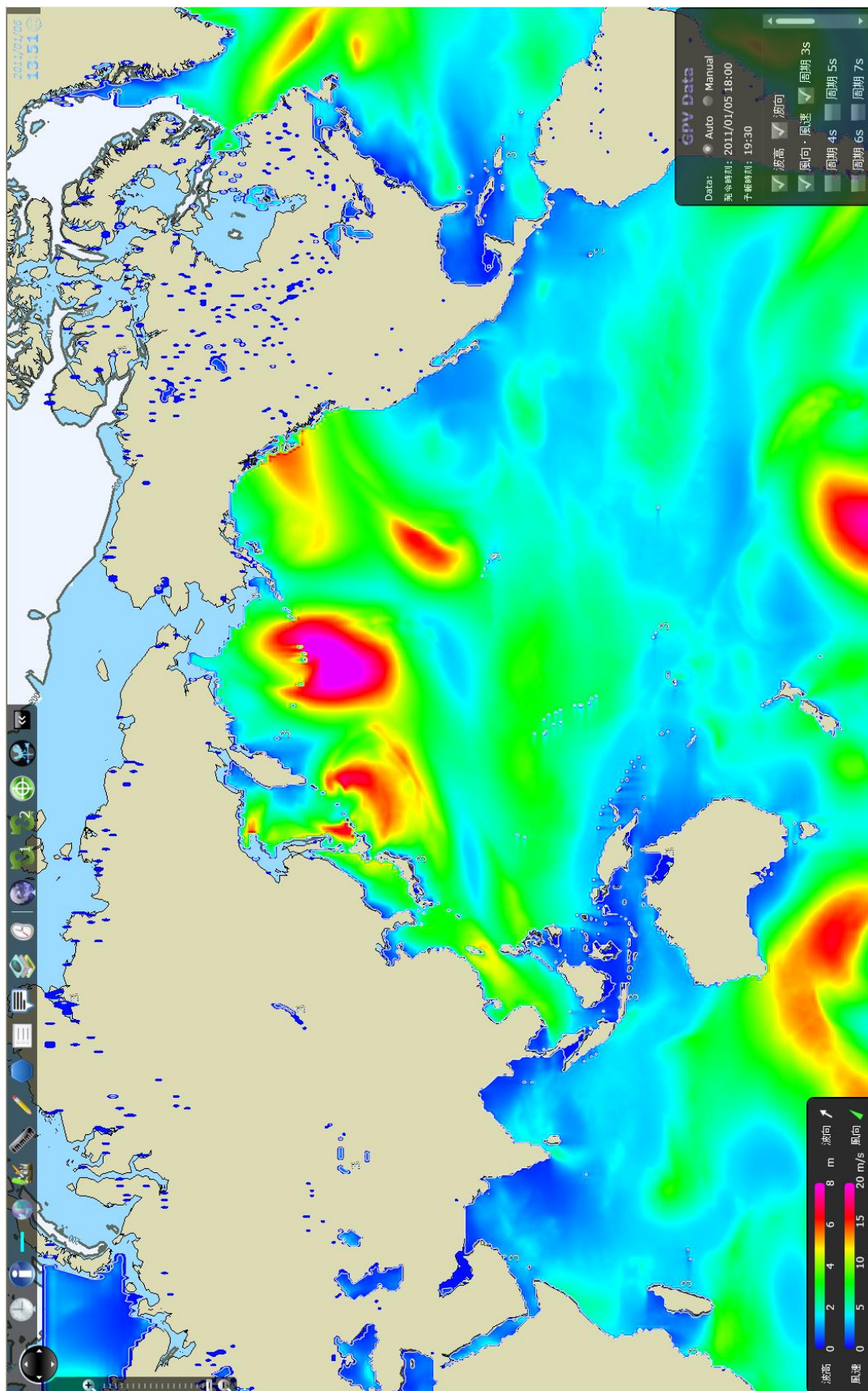


図 3.13 : GWM データ表示



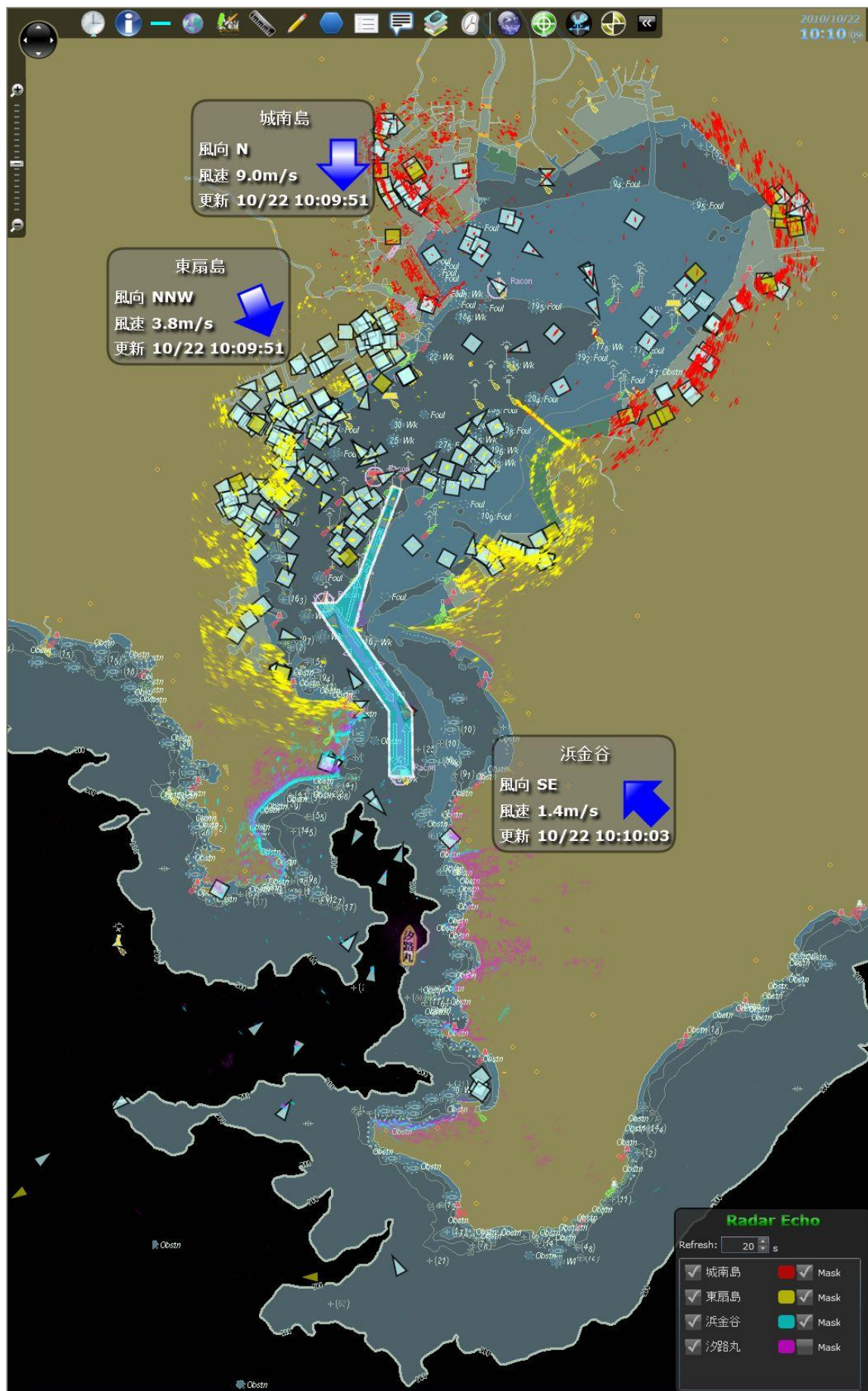


図 3.14 : 東京湾現況表示+ AIS+レーダー表示

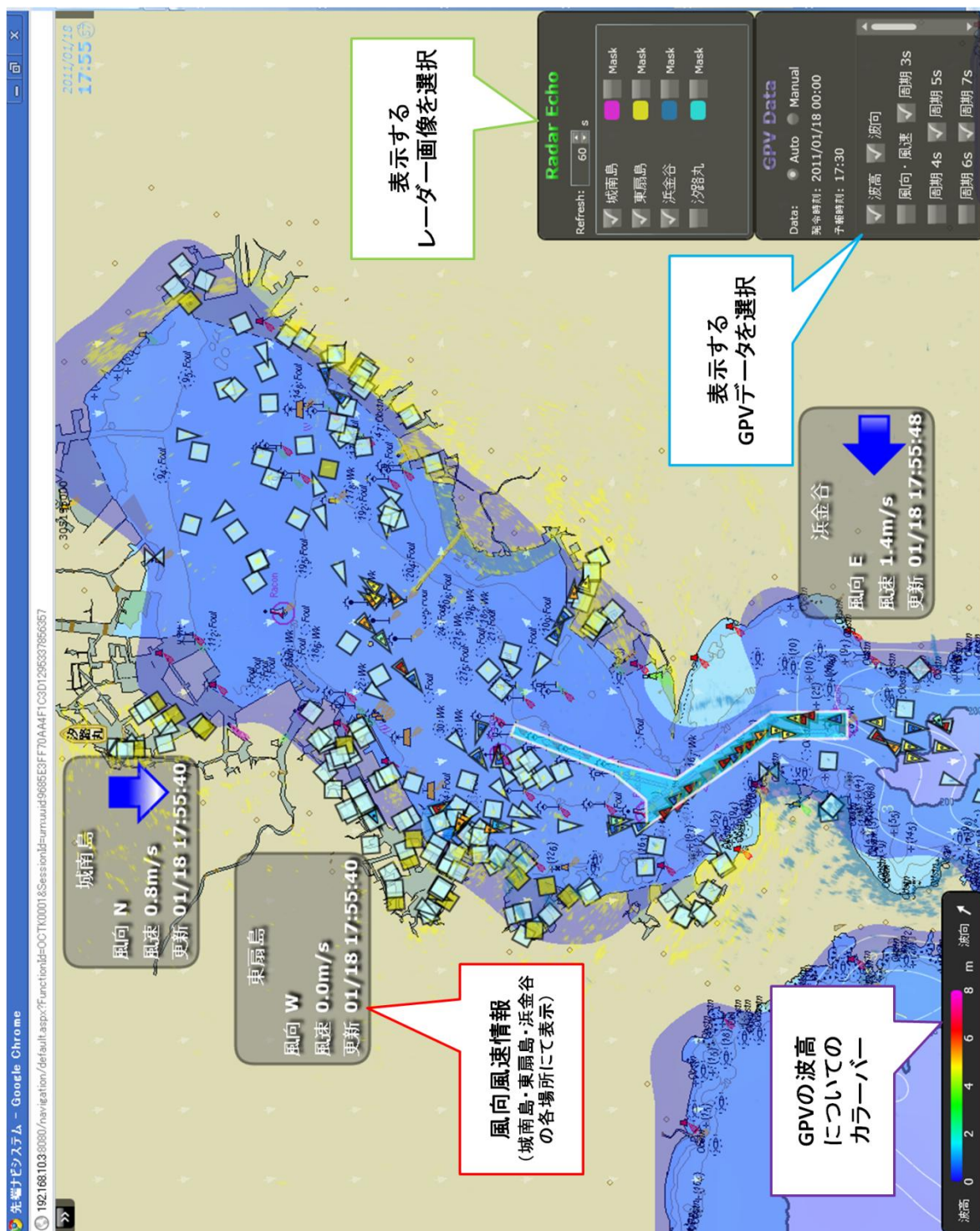


図 3.15 : 東京湾風向風速情報+GWM データ表示

## 4 主観的衝突危険度を用いた危険船表示レイヤーの作成

筆者は第3章で述べた先端ナビゲートシステムを使い、新たに以下に述べる機能を追加し、解析を行った。以下では、これら新たに追加した機能について述べる。

### 4.1 開発目的

先端ナビにおいて、リアルタイムでの船舶位置の表示等が行われていたが、衝突の危険度を表す情報は扱われておらず、また表示もされていなかった。そこで、AIS 情報を用いた主観的衝突危険度による衝突の危険度判定の計算をリアルタイムで行い、計算された衝突の危険度を先端ナビにおいて表示出来るように新しくレイヤーを作成した。また、一目で衝突の危険度が分かるように、衝突の危険度ごとに色を変えたアイコンを用いて表示するように改良した。

### 4.2 主観的衝突危険度とは

主観的衝突危険度（Subjective Judgment Value 以下 SJ 値と呼ぶ）とは、操船シミュレータにより得られた衝突危険度評価の考え方であり、操船者が他船に対して感じる主観的な衝突危険度を判定するものである。

SJ 値は、見合い関係別に計算式が異なる。そこで見合い関係を、「追い越し関係（2 船の針路差が  $10^{\circ}$  以内）」、「行き会い関係（2 船の針路差が  $170^{\circ} \sim 180^{\circ}$ ）」、「横切り関係（上記以外）」と定義した。以下に式を示す。

A) 追い越し関係 (2 船の針路差が  $10^\circ$  以内)

$$SJ = 54.43\Omega + 0.24R' + 2.77dR'/dt - 0.78$$

B) 行き会い関係 (2 船の針路差が  $170^\circ \sim 180^\circ$ )

$$SJ = 6.00\Omega + 0.09R' - 2.32$$

C) 横切り関係 (上記以外)

- ・ 自船が避航船の場合

$$SJ = 6.00\Omega + 0.09R' - 2.32$$

- ・ 自船が保持船の場合

$$SJ = 7.01\Omega + 0.08R' - 1.53$$

$$\Omega = |d\theta/dt| \times (Lo + Vo)$$

$$R' = R / ((Lo + Lt) / 2)$$

$$dR'/dt = Vr/Vo$$

Lo : 自船の全長 (m)

Lt : 他船の全長 (m)

Vo : 自船の船速 (m/min)

Vr : 自船と他船の相対速力 (m/min)

R : 自船と他船との相対距離 (m)

$\theta$  : 相対方位

$d\theta/dt$  : 相対方位変化率 (rad/min)

#### 4.2.1 危険度判定基準

**SJ** 値の評価指標は、他船との相対的方位変化率、距離、距離変化率及び自船及び他船の長さと速力を用いて回帰式で計算される。なお、**SJ** 値は+3（極めて安全）から-3（極めて危険）までの値によって衝突危険度を表すものである。また本研究では、使用する AIS データについては次章にて述べる。

今回の作成したプログラムでは、**SJ** 値を計算するにあたり以下の条件を設定した。

- A) リアルタイムで AIS データを取得するに当たり、10 秒（※1）ごとに 10 秒間の AIS データが収まったデータを取得し、計算に使用する。
- B) 10 秒間の AIS データの中で、複数個存在する同一船舶の AIS データについてはデータ内の最新データを 1 つ抽出し、使用する。（※2）
- C) 計算対象船は速力 3 ノット以上（※3）及び自船と他船との距離が 1 マイル以内（※4）となった船舶とする。
- D) 計算結果においては、1 船に対し「自船が判断した値」「他船から見た値」の複数の **SJ** 値が存在するが、その中でも一番危険な値をその船舶の **SJ** 値として採用する。

図 4.1 は上記の危険度判定基準を示したものである。



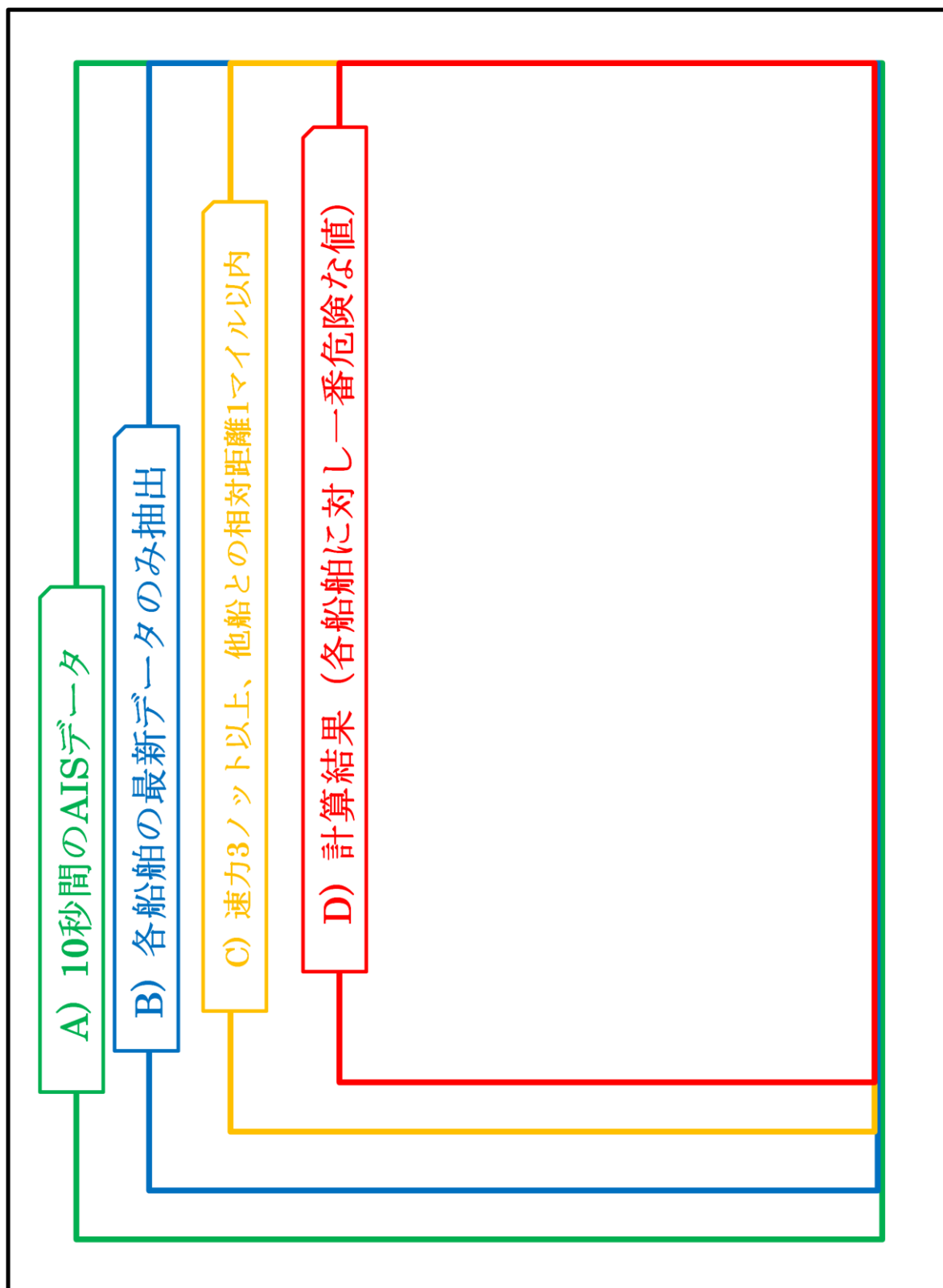


図 4.1 : 計算条件



- ※1 中ノ瀬航路、浦賀水道航路の速力制限が12ノットであるため、東京湾内を航行する船舶は通常12ノット前後で航行している。また、表4.1は、AISの通報間隔を示しており、12ノット前後の場合（針路変更中は除く）は通報間隔が10秒間隔である。よって今回は10秒ごとにデータを取得することとした。

表4.1：AIS 通報間隔

船舶の動的状態	報告間隔
錨泊中の船舶(0-3ノット)	3分
錨泊中の船舶(3ノット以上)	10秒
航行速度 0-14ノットの船舶	10秒
航行速度 0-14ノットの船舶で変針中の船舶	3.33秒
航行速度 14-23ノットの船舶	6秒
航行速度 14-23ノットの船舶で変針中の船舶	2秒
航行速度 23ノットの船舶	2秒
航行速度 23ノットの船舶で変針中の船舶	2秒

- ※2 Aの段階では、10秒間隔でデータを取得している為、変針中の船舶には複数のAISデータが存在する。より、リアルタイムに近い計算をさせる為に複数のデータの中から最新データを1つ抽出する。
- ※3 AIS通報間隔において、錨泊中の船舶は航行速度3ノット未満となっている。そのため、今回は航行速度3ノット以上の船舶を航行船と定義し、計算の対象条件に設定した。
- ※4 東京湾内は他の海域に比べると比較混雑している。その為、より危険な場合を判断する為に自船と他船との距離が1マイル以内とした。

#### 4.2.2 使用するデータ

本研究では、先端ナビで収集可能な AIS データの中から以下のデータを、カンマ区切りのテキストファイル形式で保存したものを使用する。なお、1 ファイル内に 10 秒間のデータを収めている。

図 4.2 は AIS データの例であり、表のような順でデータが収まっている。

- ・ 緯度 (deg)
- ・ 経度 (deg)
- ・ MMSI 番号
- ・ 針路 (deg)
- ・ 船長 (前)
- ・ 船長 (後)
- ・ 船速 (Knot)
- ・ 時刻

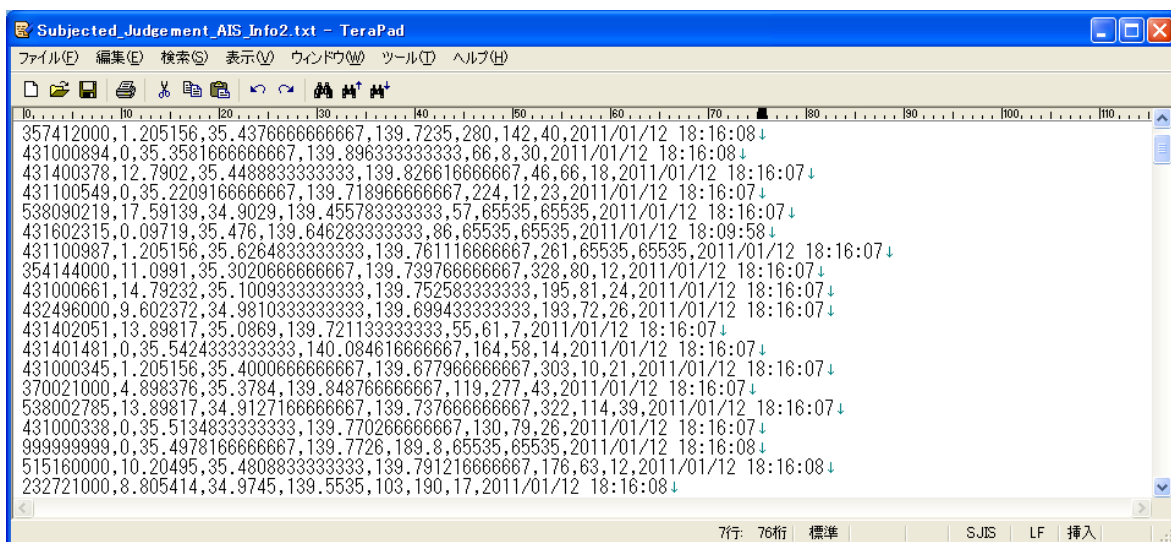


図 4.2 : AIS データ例

## 4.3 プログラムについて

### 4.3.1 全体構成

ここでは筆者が開発した AIS データの取得から、SJ 値のレイヤー表示までの全体構成を示す。

先端ナビの GIS 画面では、サーバと常時接続されたソケットにより AIS データ、時刻データ、制御データ等を送受信している。今回はこのうちの AIS データ受信部分のみを、先端ナビの AIS 通信ライブラリを用いて、SJ 値の計算に必要な AIS データを取得している。

計算に用いたプログラムは、

- A) AIS 情報の取得「Subjective\_Judgement\_Service\_Sent」
- B) 主観的衝突危険度の計算「Subjective\_Judgement\_Prog」
- C) 主観的衝突危険度の取込「Subjective\_Judgement\_Service\_Receive」
- D) 主観的衝突危険度の表示「Subjective\_Judgement\_Client」

の4つに分けて作成されており、それぞれ独立したプログラムになっている。

また、A、C、D のプログラムの使用言語は「C #」、D に関して「XAML」も使用し、完成後、ダイナミック・リンク・ライブラリ（以下、dll と呼ぶ）を作成する。B の使用言語は「MATLAB」である。こちらは完成後に、exe ファイルを作成し、それぞれ Web サーバ内で動作している。

以下の図 4.3 においては全体図を、図 4.4 において本プログラムの主要部分の流れを示す。また、それぞれの処理については次章で述べる。

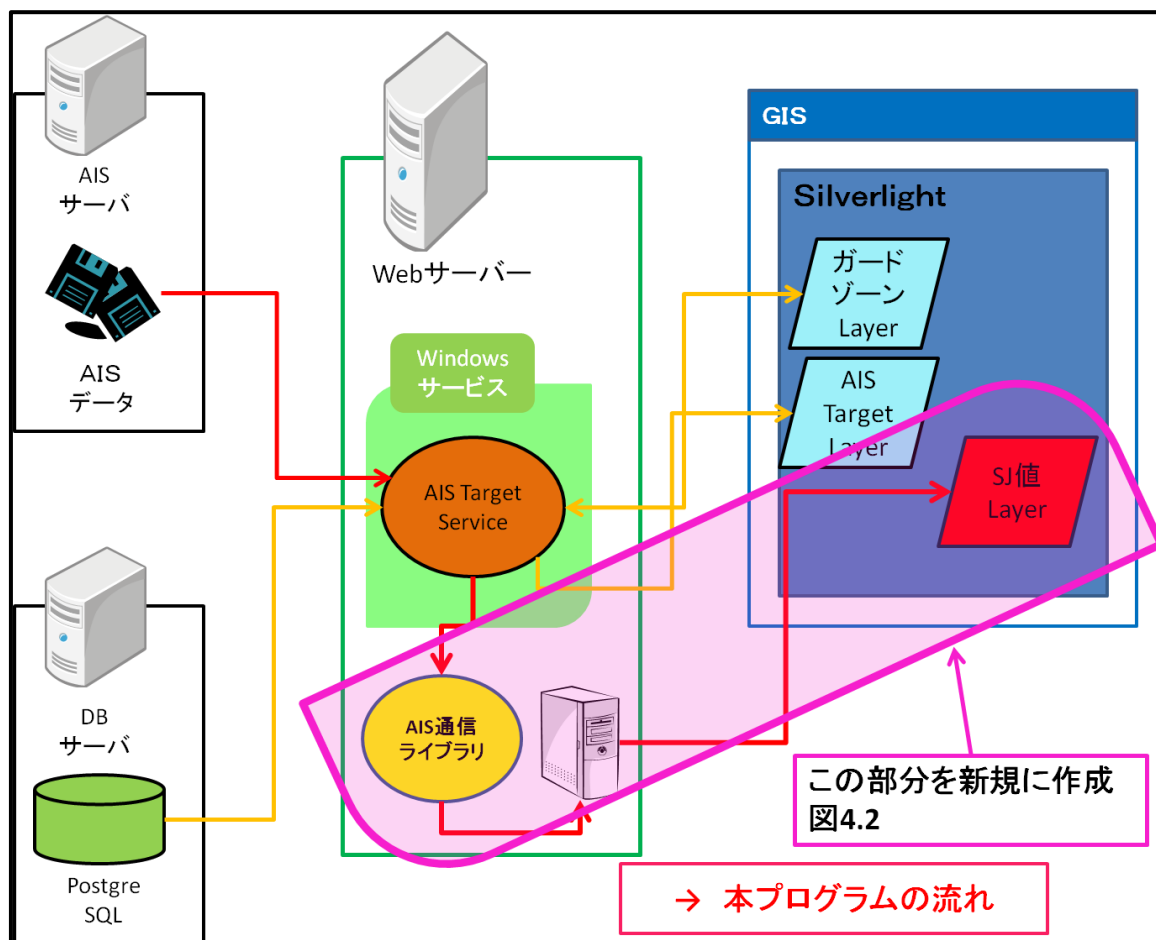


図 4.3 : プログラム全体図 1  
(JRC 提供)

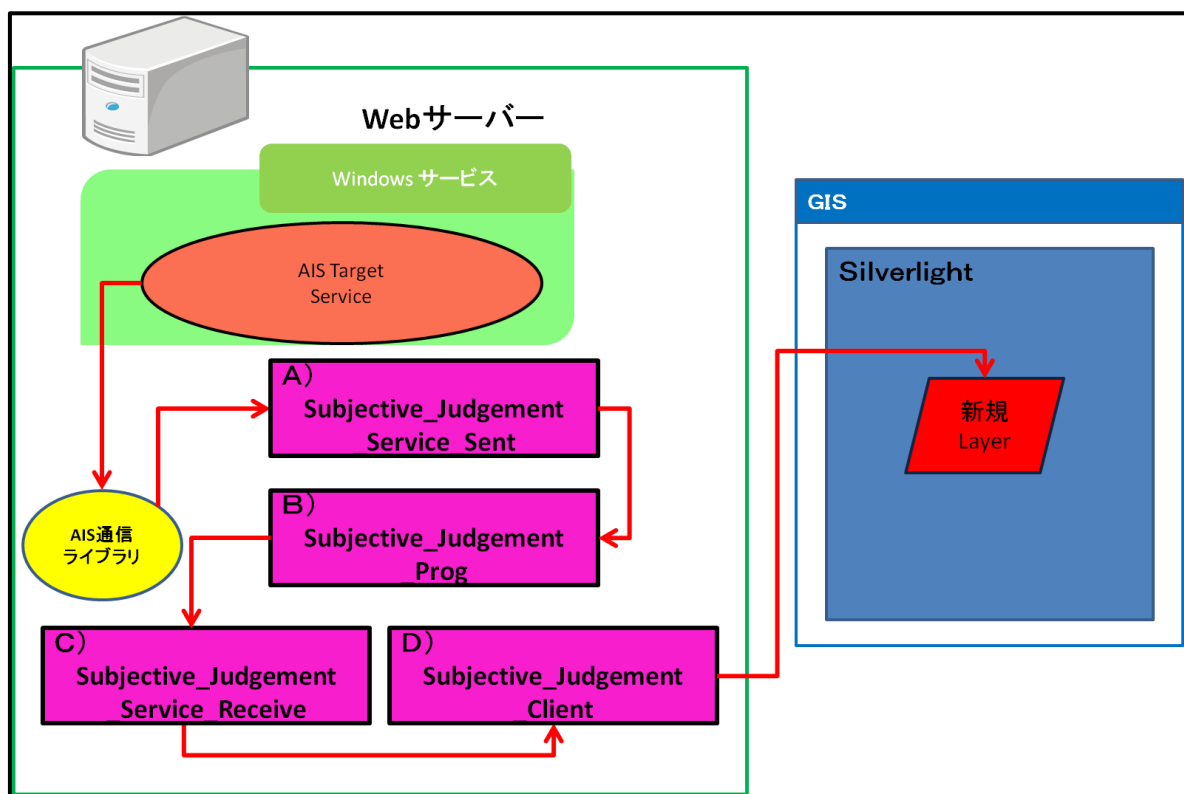


図 4.4 : プログラム全体図2

#### 4.3.2 AIS 情報の取得「プログラム名 Subjective\_Judgement\_Service\_Sent」

このプログラムでは、SJ 値の計算に必要な AIS 情報を AIS 通信ライブラリより取得する。

プログラムは、4.3.1 章で説明した通り、「C#」で作成する。使用する主なツールは、「Microsoft Visual Studio 2008」であり、3.1.4 章で既述したツールが全て使える必要がある。作成されたプログラムはビルド後に「dll」として、先端ナビの Web サーバ内の D ドライブ上にある「JRC」下の「Plugin」フォルダに格納する。

以下にプログラムの概要を記述する。また、図 4.5 のフローチャートにおいてプログラムの流れを示す。

- AIS 通信ライブラリ用のソケット通信を用いて、AIS を取得後、リストに格納する。  
ソケット通信とは、IP アドレスとポート番号を組み合わせたネットワークアドレスを指定して、TCP/IP 通信を行う。
- 10 秒ごとに格納したリストをテキストファイルに書き出す。  
その際「Subjected\_Judgement\_AIS\_Info1.txt」「Subjected\_Judgement\_AIS\_Info2.txt」の 2 つのテキストファイルを用意し、交互に AIS 情報を書き出すようにする。  
次の段階において、このテキストファイルを読み込み、計算を行う。その際、計算が 10 秒以上かかってしまった場合に、次の 10 秒間のリストがテキストファイルを書き出せるようにするため、テキストファイルを二重化する。
- 書き出す際、データに NAN（非数値データ）が含まれる場合はその列全てを飛ばし、次の行を書き出す。  
NAN（非数値データ）は AIS 送信時のエラーによって AIS データ内に含まれている。この NAN（非数値データ）が含まれていると、SJ 値計算が途中で遮断されてしまう為、ここで排除しておく。
- テキストファイルを書き出した後に「Subjective\_Judgement\_Prog」を起動させる。

このプログラムは、AIS 通信ライブラリからの情報を取得するのに特化している。今回は 4.2.2 章で既述した情報のみ取得したが、プログラム内の取得リストを変更するだけで、AIS 通信ライブラリで提供している AIS 情報をテキストファイル形式で取得することが可能となっている。

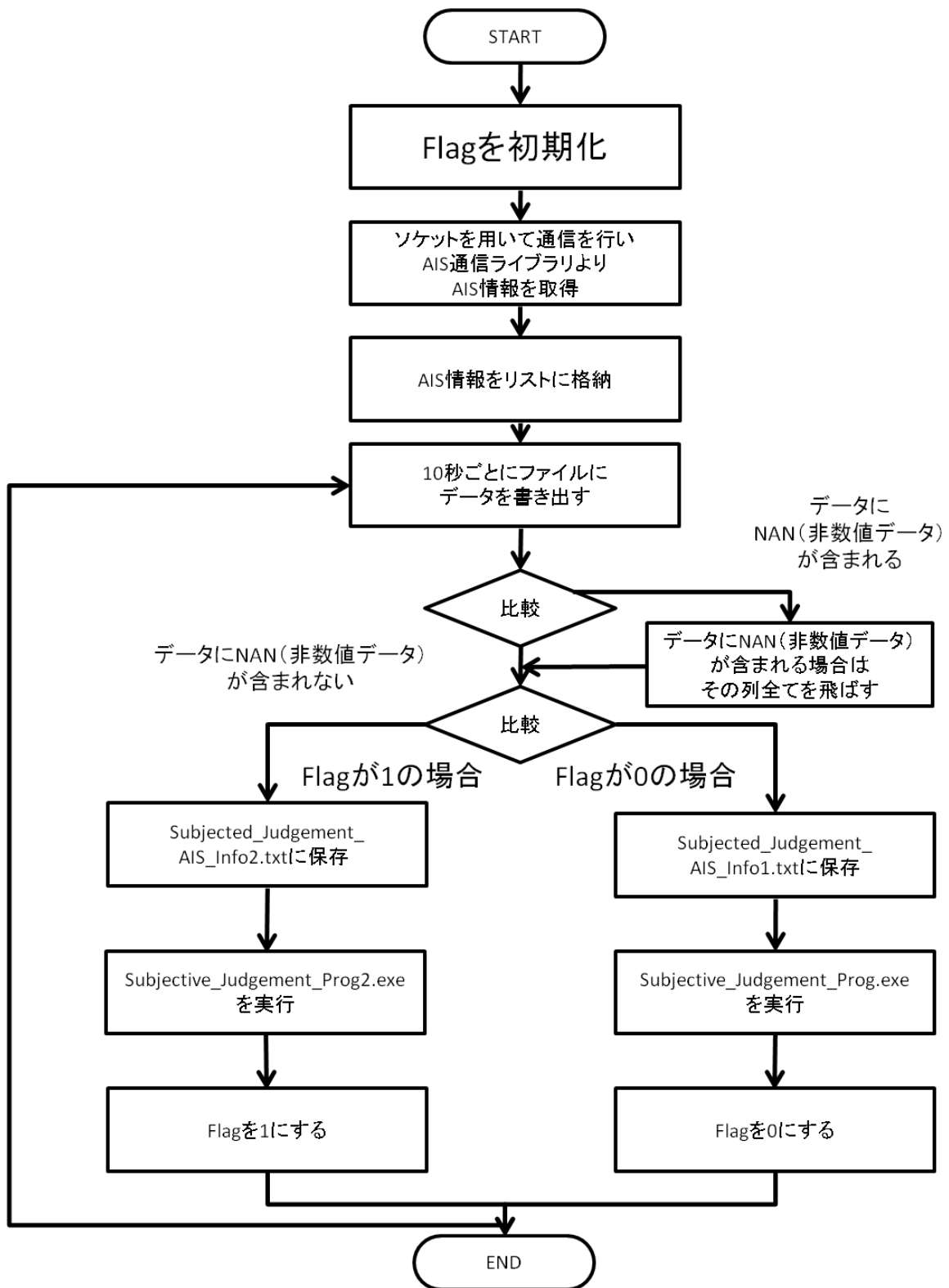


図 4.5 : Subjective\_Judgement\_Service\_Sent のフローチャート



#### 4.3.3 主観的衝突危険度の計算「プログラム名 Subjective\_Judgement\_Prog」

このプログラムでは取得した AIS データを基に SJ 値の計算を行う。

プログラムは、4.3.1 章で説明した通り、「MATLAB」で作成する。作成されたプログラムは「MATLAB Compiler」を用いてコンパイルする。コンパイル後に「exe ファイル」として、先端ナビの Web サーバ内の D ドライブ上にある「JRC」下の「Subjective\_Judgement」フォルダに格納する。

以下にプログラムの概要を記述する。また、図 4.6 のフローチャートにおいてプログラムの流れを示す。

- 4.1.1 で既述した危険度判定基準に基づき、SJ 値の計算を行う。
- 「Subjective\_Judgement\_Prog1」と「Subjective\_Judgement\_Prog2」を用意し、それぞれ「Subjected\_Judgement\_AIS\_Info1.txt」「Subjected\_Judgement\_AIS\_Info2.txt」を読み込み交互に計算を行う。計算量が多い場合に、計算が 10 秒以上かかってしまうことを考慮し、次のテキストファイルを読み込み計算出来るよう、プログラムを二重化する。
- 出力データは CSV 形式とし、サーバ内のフォルダ「Subjective\_Judgement」に「SJ\_Value.csv」を作成し、10 秒ごとに上書きする。
- 計算結果を「SJ\_Value.csv」と、10 秒ごとに計算結果を解析用の新規別名 CSV ファイルを保存する「解析用タイプ」と、先端ナビに表示させるためのファイル「SJ\_Value.csv」以外の記録は残さない「表示用タイプ」の 2 タイプを作成する。  
「解析用タイプ」と「表示用タイプ」はそれぞれ別の exe ファイルとし、使用したいタイプによって Web サーバ内の exe ファイルを書き変える必要がある。ただし、「解析用タイプ」と「表示用タイプ」の exe ファイル名は、同一のファイル名とする。

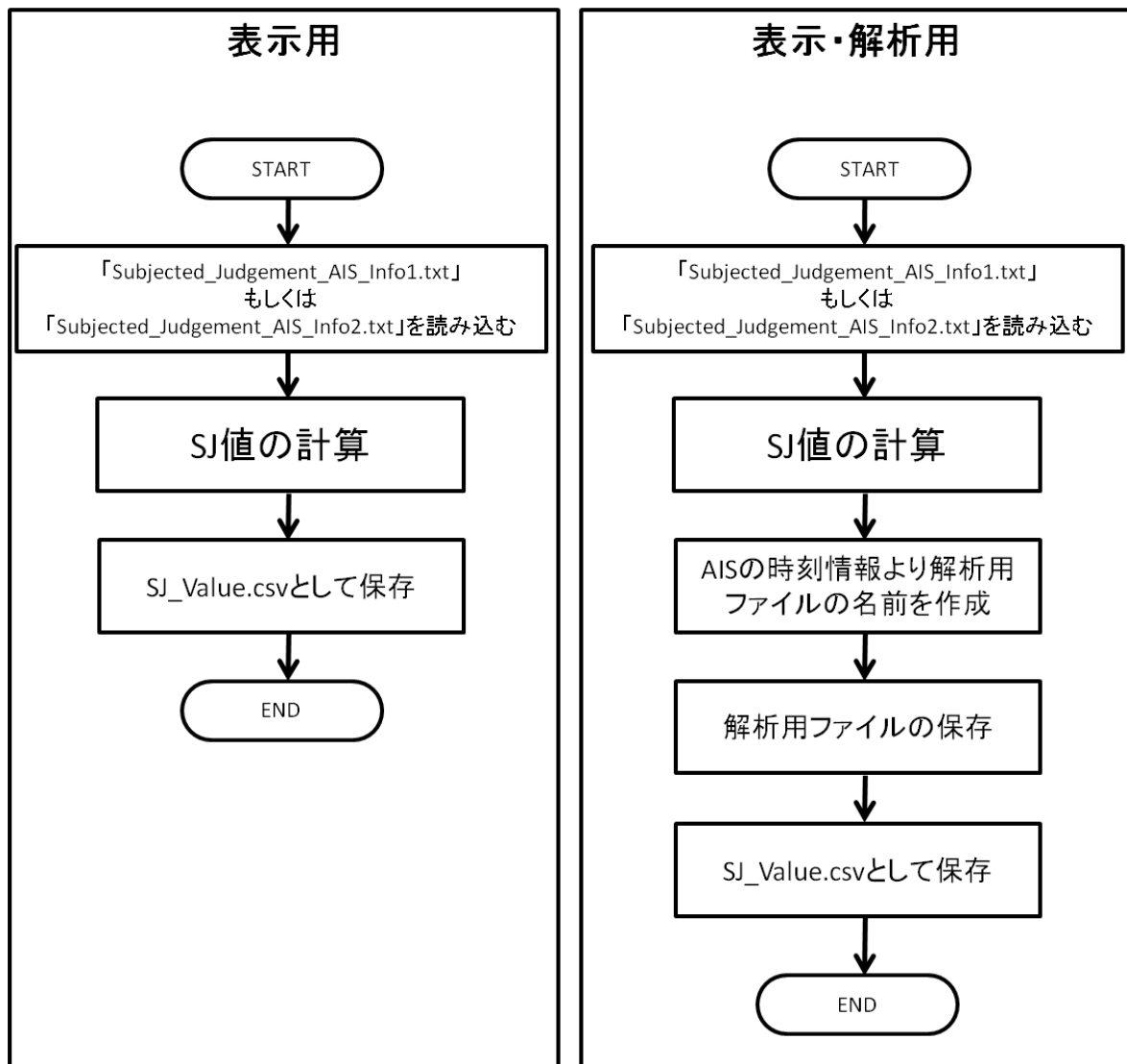


図 4.6 : Subjective\_Judgement\_Prog のフローチャート

#### 4.3.4 主観的衝突危険度の取込「プログラム名 Subjective\_Judgement\_Service\_Receive」

このプログラムではSJ 値の計算結果の「SJ\_Value.csv」を取り込み、「Subjective\_Judgement\_Client」へ送信する。

プログラムは、4.3.1 章で説明した通り、「C#」で作成する。使用する主なツールは、「Microsoft Visual Studio 2008」であり、3.1.4 章で既述したツールが全て使える必要がある。作成されたプログラムはビルド後に「dll」として、先端ナビのWeb サーバ内のD ドライブ上にある「JRC」下の「Plugin」フォルダに格納する。また、「Plugin」フォルダ内にある「ServerPluginList.xml」を編集し、作成したプログラムについて追加する必要がある。

以下にプログラムの概要を記述する。また、図4.7のフローチャートにおいてプログラムの流れを示す。

- ・ 「Subjective\_Judgement\_Client」とのソケット通信
- ・ SJ 値の計算を考慮し、以下を5秒ごとに実行する。
- ・ 「SJ\_Value.csv」を取り込み、リストに格納する。
- ・ リストに格納されたデータをシリアル化し、「Subjective\_Judgement\_Client」へ送信する。  
シリアル化とはデータを丸ごとネットワークで送受信できるように Extensible Markup Language (xml) 形式変換すること。

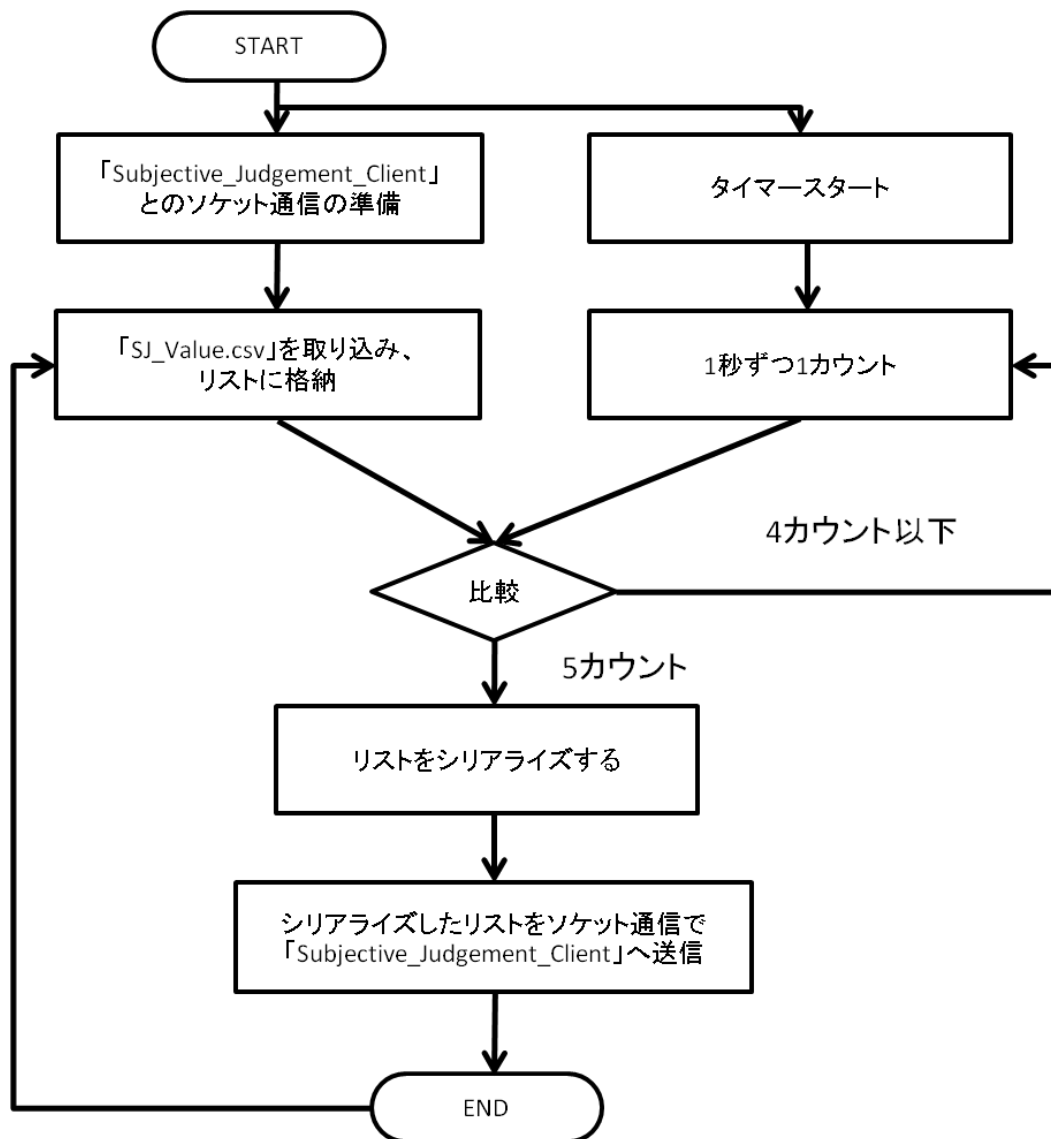


図 4.7 : Subjective\_Judgement\_Service\_Receive のフローチャート

#### 4.3.5 主観的衝突危険度の表示「プログラム名 Subjective\_Judgement\_Client」

このプログラムでは「Subjective\_Judgement\_Service\_Receive」より送信された計算結果を、受け取り、レイヤーに表示する。

プログラムは、4.3.1 章で説明した通り、「C#」と「XAML」で作成する。「Silverlight」を使用したプログラムとなるため、3.1.4 章で既述した全てのツールが使える必要がある。作成されたプログラムはビルド後に「dll」として、先端ナビの Web サーバ内の D ドライブ上にある「JRC」下の「Plugin」フォルダに格納する。また、「Plugin」フォルダ内にある「ClientPluginList.xml」を編集し、作成したプログラムについて追加する必要がある。

以下にプログラムの概要を記述する。また、図 4.8 のフローチャートにおいてプログラムの流れを示す。

- ・ 「Subjective\_Judgement\_Service\_Receive」との通信用ソケット機能を搭載
- ・ 「Subjective\_Judgement\_Service\_Receive」より送信されてくるデータをデシリアライズし、リストに格納する。  
デシリアライズとは、シリアライズして送信されてきたデータを、元のデータ形式に復元することである。
- ・ リストに格納されたデータを緯度経度の情報を用いてレイヤーに表示させる。その際、SJ 値によりアイコンの色を変更し、針路情報を用いてアイコンの向きを変更する。
- ・ 5 秒ごとに送信されてくるデータに応じてアイコンをリセットし、表示し直す。

ここまでで記述したプログラムは、先端ナビ室に保管されている「先端ナビゲートシステムソフトウェアガイダンス」を参考にして作成した。また、著者が作成したプログラムの詳細についても、ナビ室に参考資料として保管しておく。



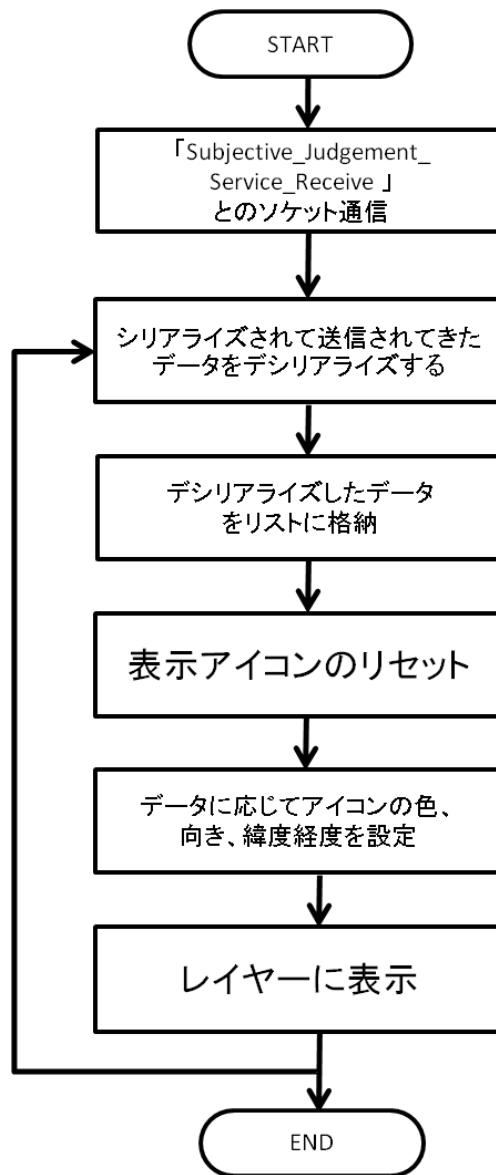


図 4.8 : Subjective\_Judgement\_Client のフローチャート

#### 4.4 主観的衝突危険度の表示

SJ 値の計算結果は図 4.9 のアイコンを用いて表示している。

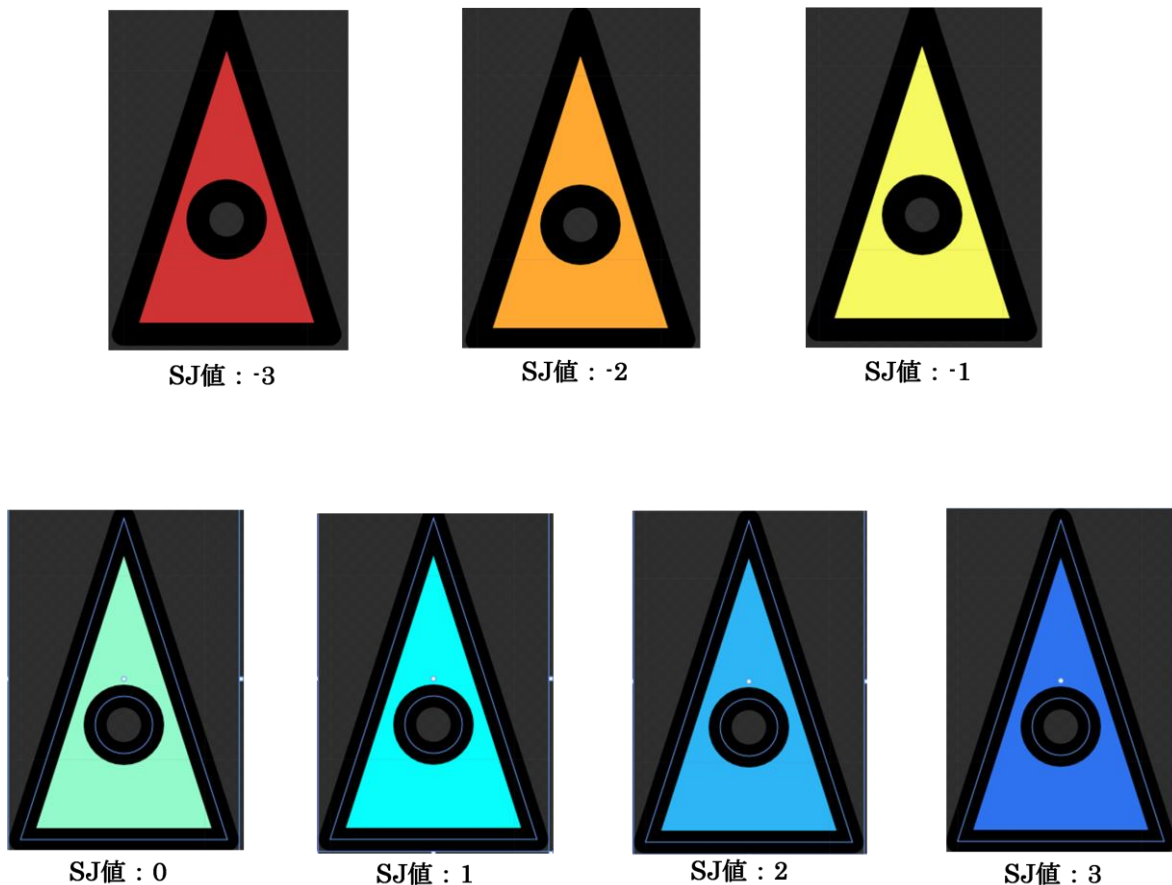


図 4.9 : アイコン一覧

上記のアイコンは先端ナビの AIS アイコンよりも 1 周り小さくしてあり、レイヤー表示をした際に AIS アイコンと SJ 値のアイコンを確実に識別出来るようにしている。また、アイコンの色分けは、誰もが一目で危険か安全かが分かるように考慮した。

以下の図はそれぞれ、

図 4.10 : SJ 値アイコンと AIS アイコンの重畳例

図 4.11 : SJ 値アイコンと AIS アイコン、そして Wind Info と Target Info の表示例

図 4.12 : SJ 値アイコンとレーダー情報の表示例

図 4.13 : SJ 値と気象情報の表示例

図 4.14 : 汐路丸と横切り船の SJ 値の表示例

を示している。

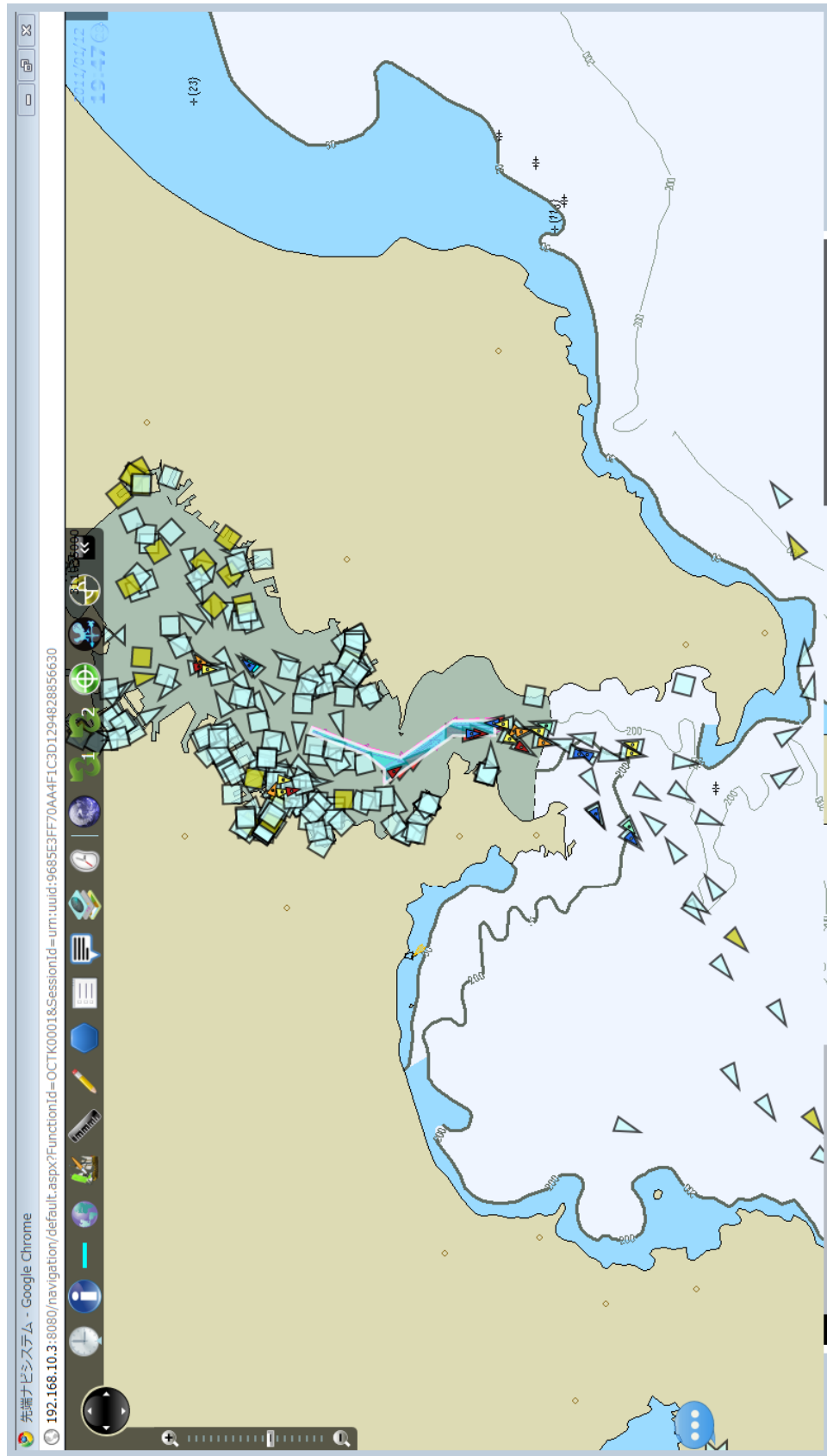


図 4.10 : SJ 値と AIS 情報の表示

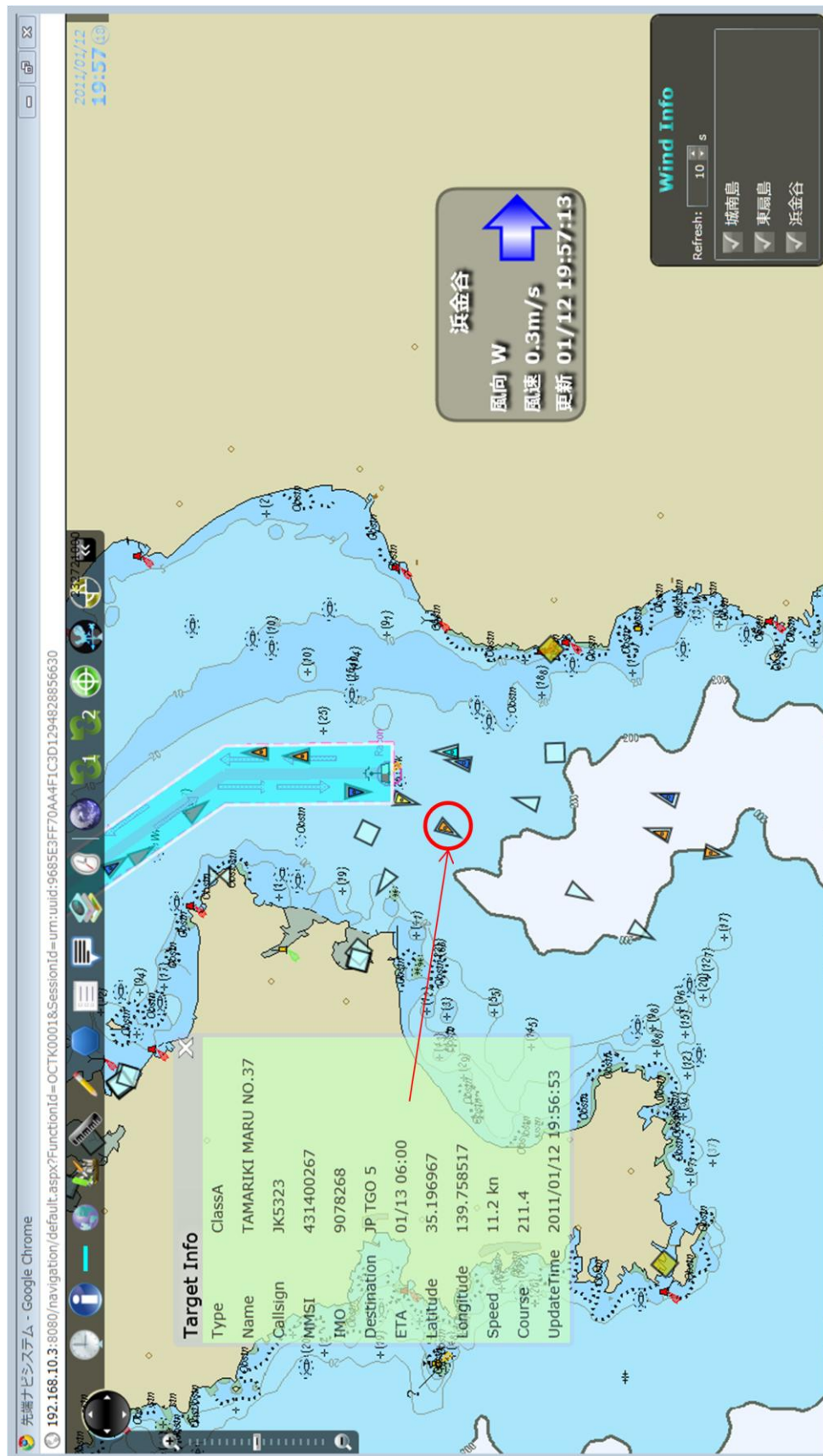


図 4.11 : SJ 値と AIS 情報、Wind Info、Target Info の表示

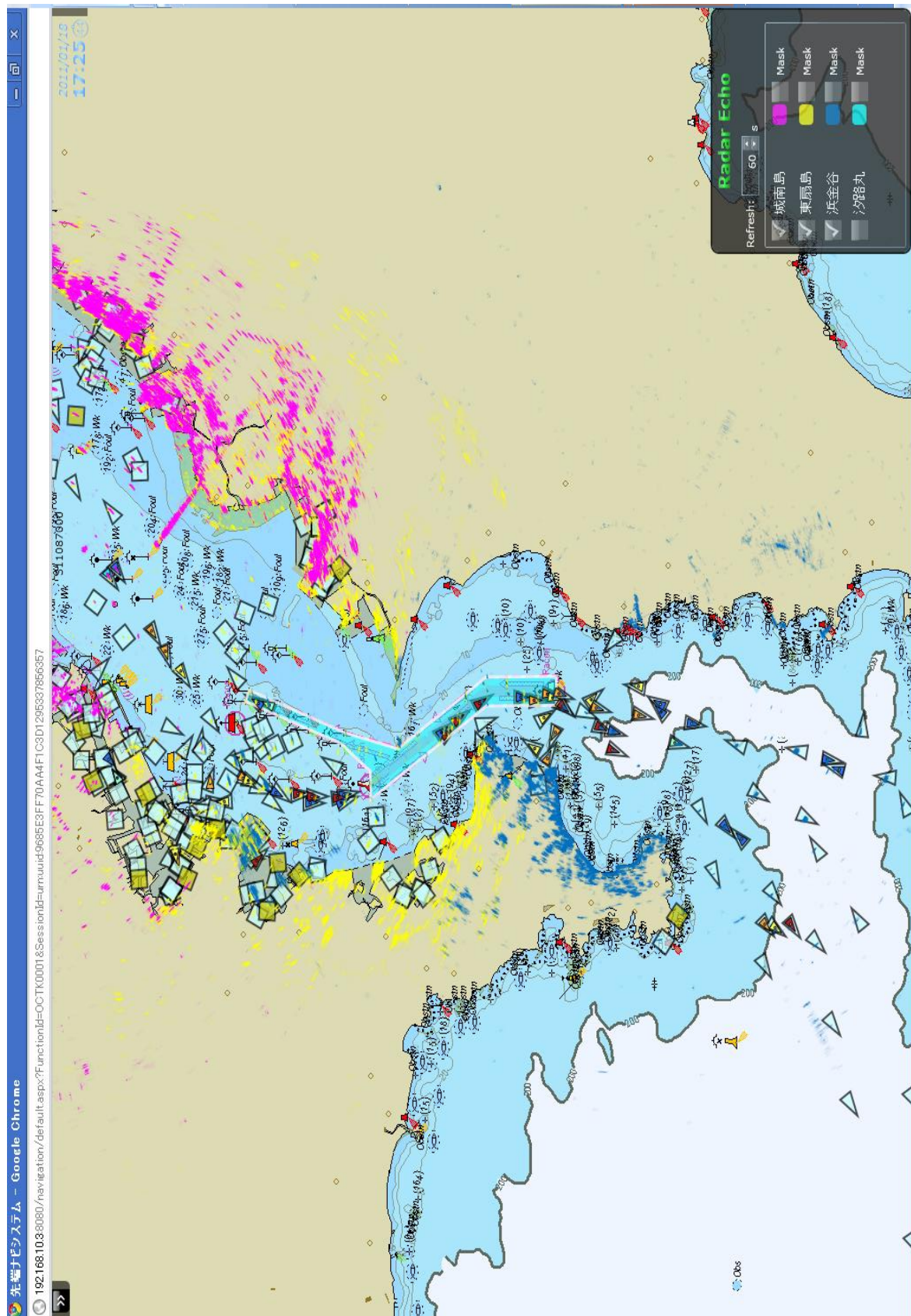


図 4.12： SJ 値とレーダー情報の表示



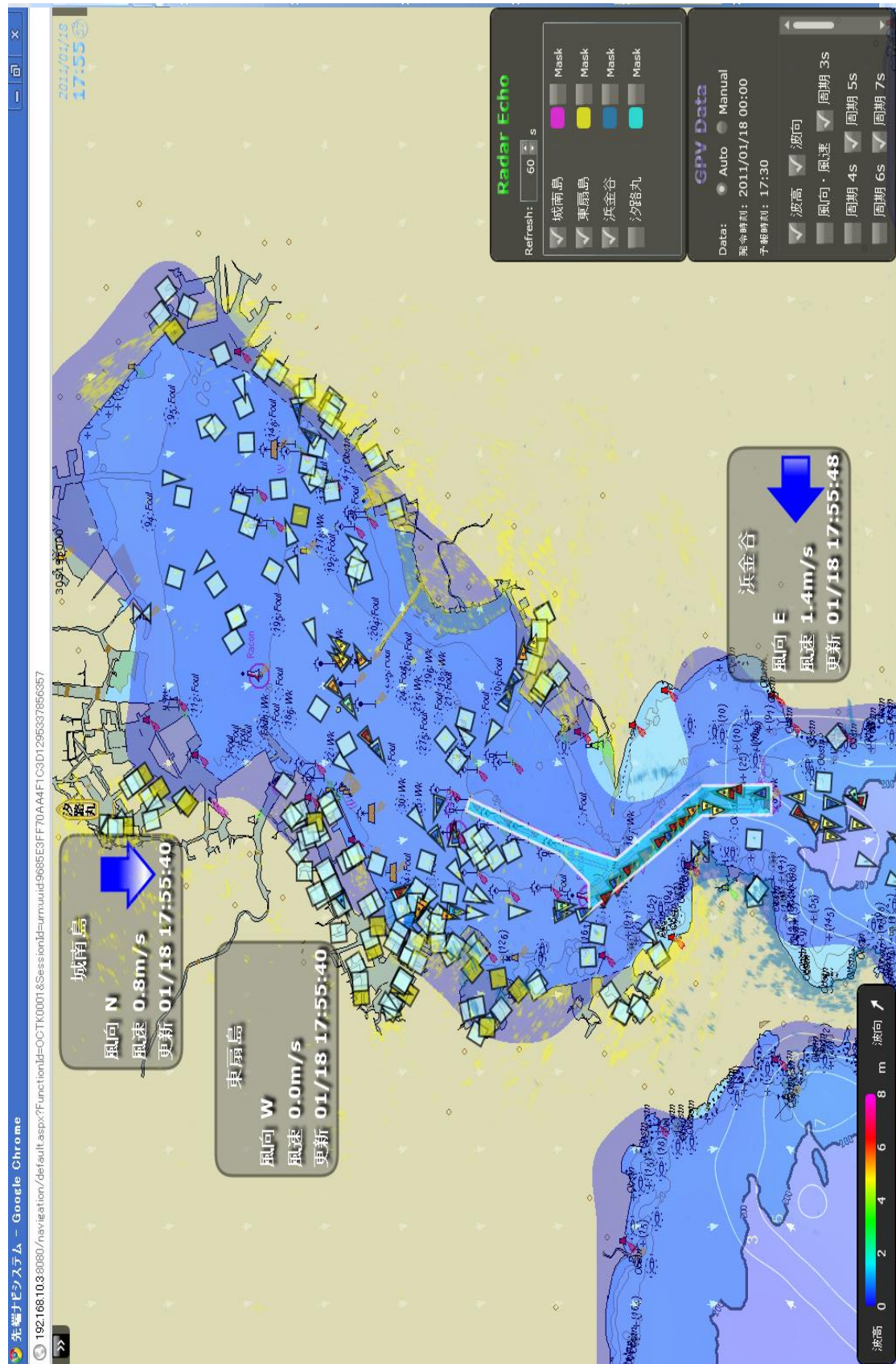


図 4.13 : SJ 値と GPV データ、Wind Info の表示

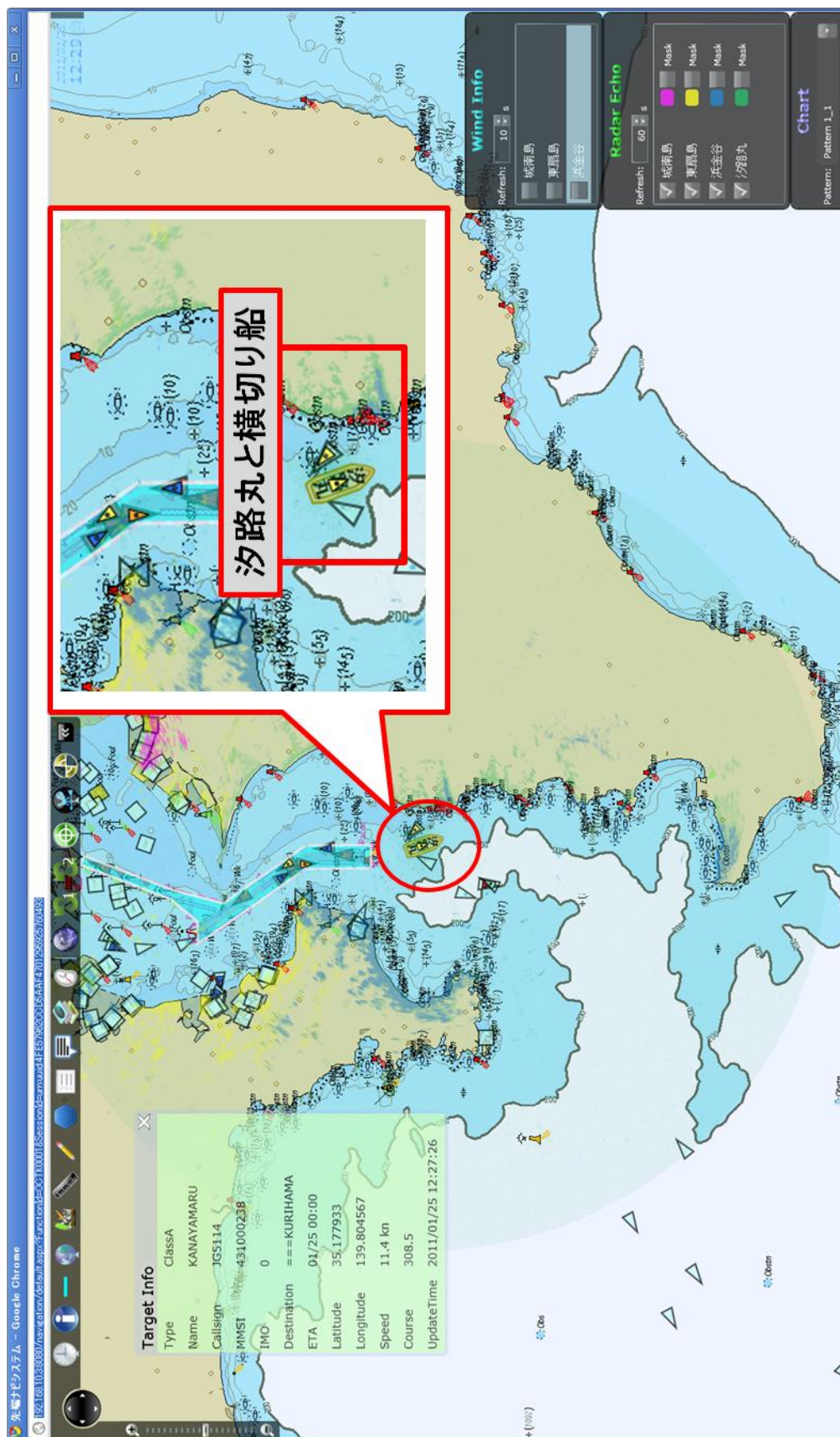


図 4.14 : 汐路丸と横切り船の SJ 値の表示

## 5 主観的衝突危険度の解析結果

本章では前章で新たに筆者が開発したシステムに基づき、平成23年1月18日午後12時から19日午後12時までの24時間において、10秒ごとに計算したSJ値の結果について解析する。対象海域は東京湾周辺で、先端ナビがAIS情報を受信可能な海域とする。また今回は、4.1.1章で設定した条件を満たす船舶のみに焦点を当て解析を行った。

今回解析するにあたり、SJ値が「-3」から「-1」を危険値と定義した。またSJ値の計算上は、0以上の値も存在するが、今回は「0以上」としてまとめ、これらを安全値と定義した。

### 5.1 時間帯別

図5.1は、SJ値の計算結果の割合と見合い関係をSJ値別に示したものである。

まず、図5.1を見ると、SJ値の計算はされている中でも、全体として「0」以上の「安全」と判断される割合が多いことが分かる。特に「追い越し」の見合い関係に該当するSJ値は、ほぼ「-1」「0以上」となっており、大きな危険が生じていないことが分かる。また、SJ値「-2」「-3」を見合い関係別に見ると、「横切り」関係の場合が多く「横切り」関係が特に危険であると判定される。

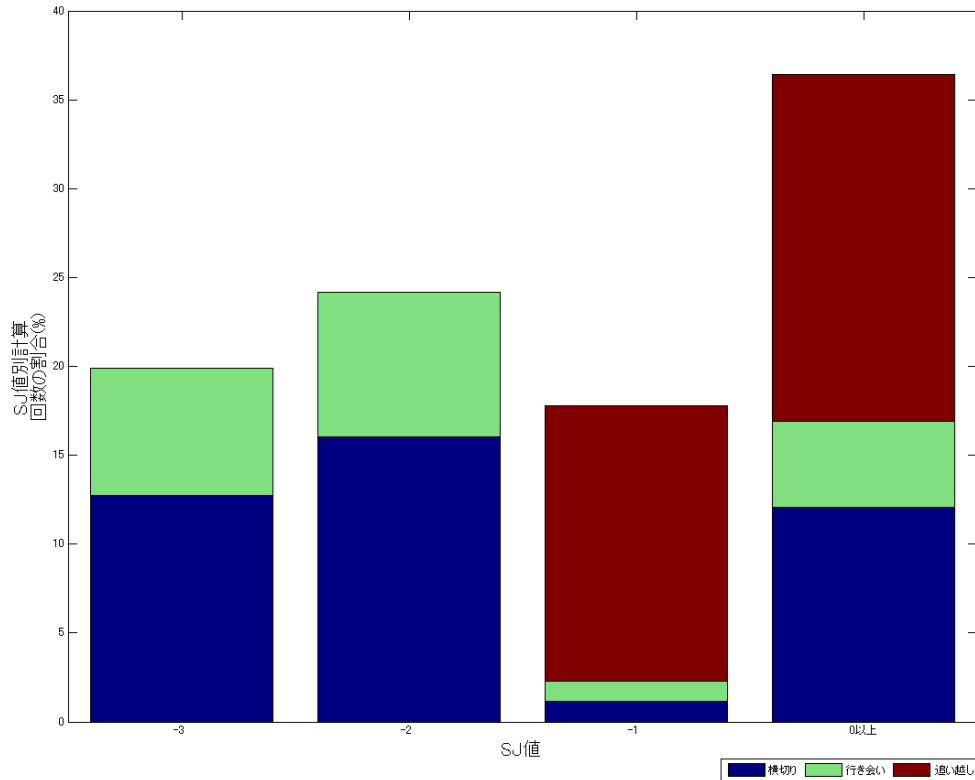


図 5.1 : SJ 値計算結果比較

図 5.2 は、計測した 24 時間内において計算対象となった隻数を時間帯別に示したものである。  
図 5.2 より、時間帯別に隻数を比較すると、14 時から 17 時までの時間帯にかけて隻数が多いこ  
とが分かる。また、21 時以降の深夜から 5 時までの朝方にかけては極端に隻数が減少している。

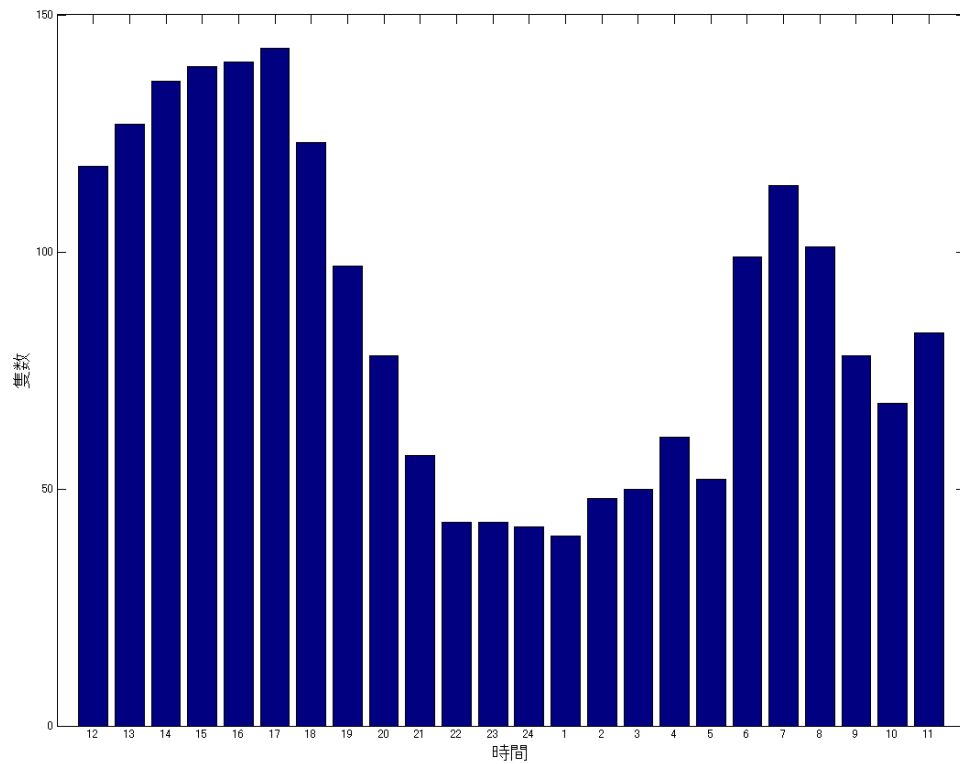


図 5.2 : 時間帯別隻数



図 5.4 は、SJ 値が計算された回数とその見合い関係を時間帯別に示したものである。

また図 5.5 は、SJ 値の値が「-1」から「-3」までの危険と判断された述べ隻数と見合い関係を時間帯別に示したものである。

図 5.4 を見ると、周りの時間帯よりも隻数が多い 17 時前後と 7 時台前後の時間帯に比較的 SJ 値の計算が多いことが分かる。さらに、図 5.5 を見ると、17 時前後と 7 時台前後の時間帯が周囲より隻数が多い時間帯は危険船が多く、深夜から朝方にかけては減少していることが分かる。

これらから、隻数が多い時間帯ほど SJ 値の計算が比較的に多くなされ、また、危険船も多く存在するということが分かる。

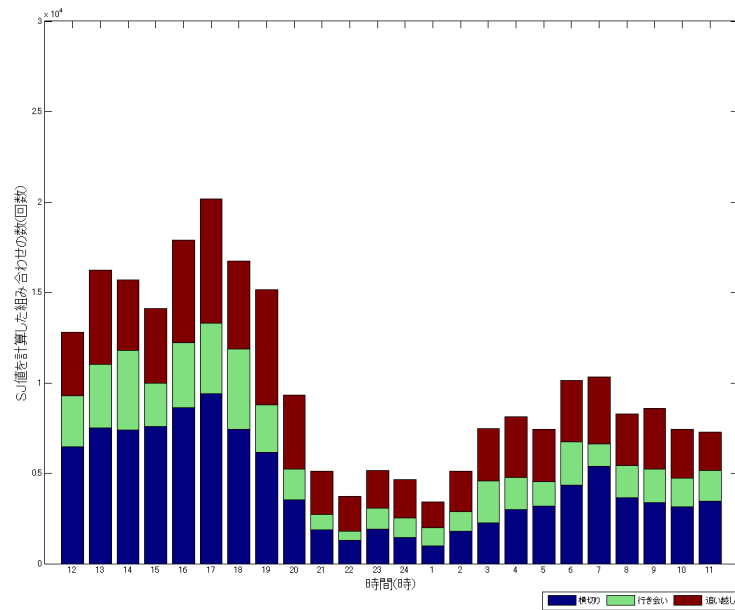


図 5.4： 時間帯別 SJ 値の計算回数比較

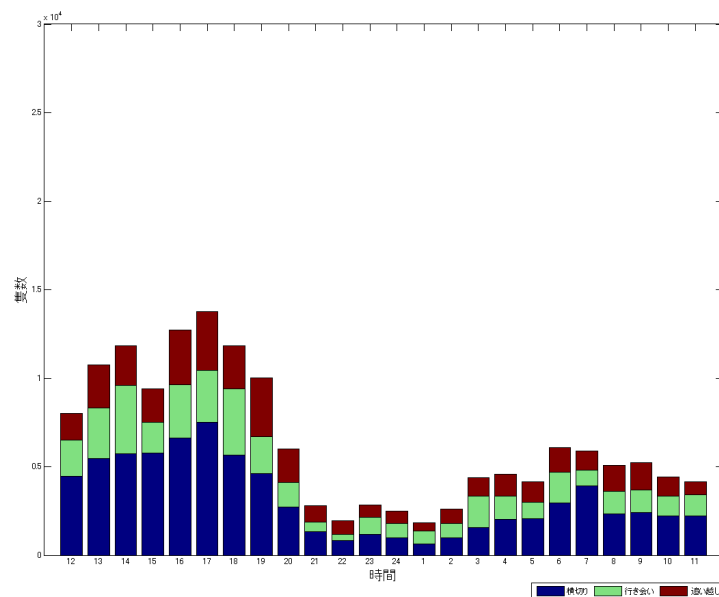


図 5.5： 時間帯別危険船の延べ数



図 5.6 は、時間帯別に計算された SJ 値の割合と見合い関係を示したものである。

図 5.6 を見ると、主な危険船の見合い関係は「横切り」もしくは「行き会い」の割合が多くなっていることが分かる。中でも、計算対象となった隻数が一番多い 17 時台では、SJ 値が「-3」の割合が約 20% となっており、その中で「横切り」は約 15% となっている。また全体的に見ても「横切り」関係が危険な割合の多くを占めている。

よって、東京湾において「横切り」の見合い関係が一番危険だということが分かる。

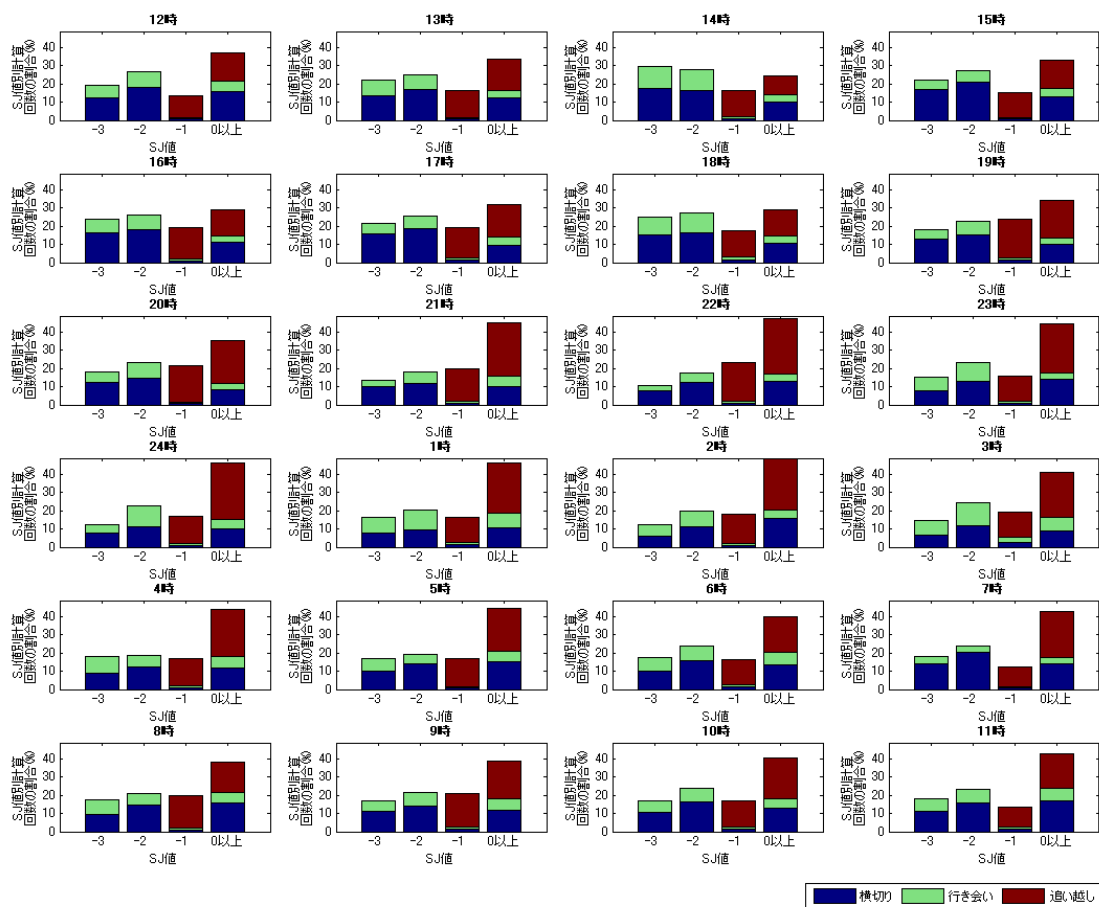


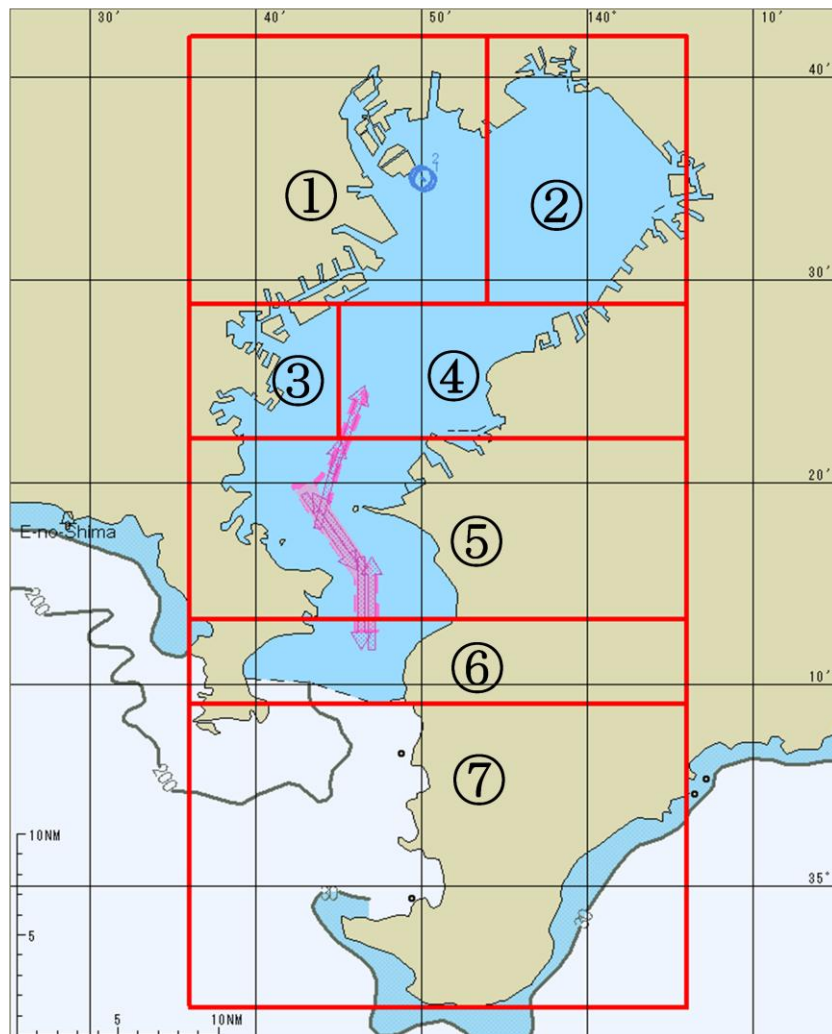
図 5.6： 時間帯別 SJ 値の比較

## 5.2 海域別

次に時間帯別と同様に海域別でSJ値の計算結果を見てみる。海域の範囲指定は、先行研究の調査結果と、①から⑦のそれぞれの理由より図5.7に示すように定めた。

- ① 羽田空港周辺から東京港周辺の海域を調査するため。
- ② 千葉港全体を調査するため。
- ③ 横浜港に出入港する船舶と、周辺を航行する船舶との「横切り」の見合い関係を調査するため。
- ④ 中ノ瀬航路から出てくる船舶と、木更津港に出入港する船舶の見合い関係を調査するため。
- ⑤ 航路全体の整流状況を調査するため。
- ⑥ 航路の整流状況と、東京湾フェリーとその他の船舶の「横切り」関係を調査するため。
- ⑦ 東京湾の出入口周辺における複雑な見合い関係を調査するため。

また、先端ナビにおいて、通信環境が良好な場合は大島や伊豆付近のAIS情報も取得することが出来る。その為、図5.7で設定した海域以外より取得したAIS情報については「その他」の海域として定義した。



- ①東京港周辺 ②千葉港周辺 ③横浜港周辺 ④木更津港周辺 ⑤富津岬周辺 ⑥浜金谷周辺  
⑦東京湾出入口周辺 ⑧その他

図5.7：海域指定図

図 5.8 は、計測した 24 時間内において計算対象となった隻数を海域別に示したものである。

図 5.8 より、海域別では「横浜周辺」において計算対象となった隻数が一番多く、405 隻、また、中ノ瀬航路、浦賀航路を含む「富津岬」において計算対象となった隻数は 344 隻、一番少ない「千葉港周辺」において計算対象となった隻数でも 199 隻となっている。

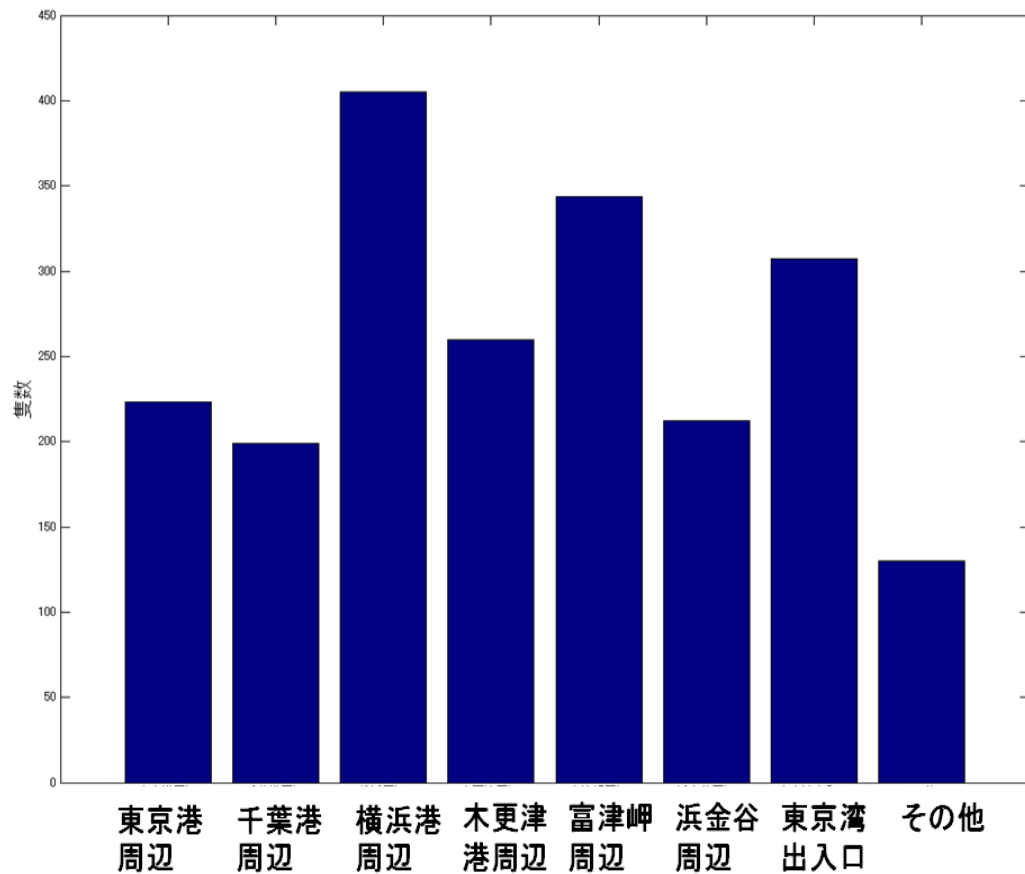


図 5.8：海域別隻数

図 5.9 は、SJ 値が計算された回数とその見合い関係を海域別に示したものである。

また図 5.10 は、SJ 値の値が「-1」から「-3」までの危険と判断された述べ隻数と、見合い関係を海域別に示したものである。

図 5.9 を見ると、計算回数は「富津岬周辺」が一番多い。その理由は、航路により整流されているためだと思われる。それ以外の海域に関しては、ほぼ海域別隻数に応じて計算回数が増減していることが分かる。これは、船舶の多さ、海域の大きさに関係していると思われる。図 5.10 も同様に、危険船の延べ数は「富津岬周辺」が一番多く、整流されているために「追い越し」が特に多い。それ以外は、隻数に応じて危険船の延べ数が増減している。また、全体としては「横切り」の見合い関係の危険船が多いことが分かる。

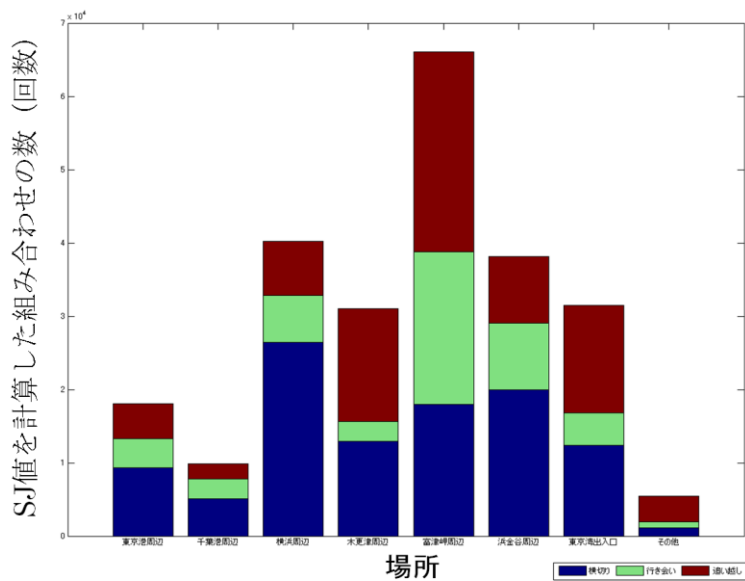


図 5.9： 海域別 SJ 値の計算回数

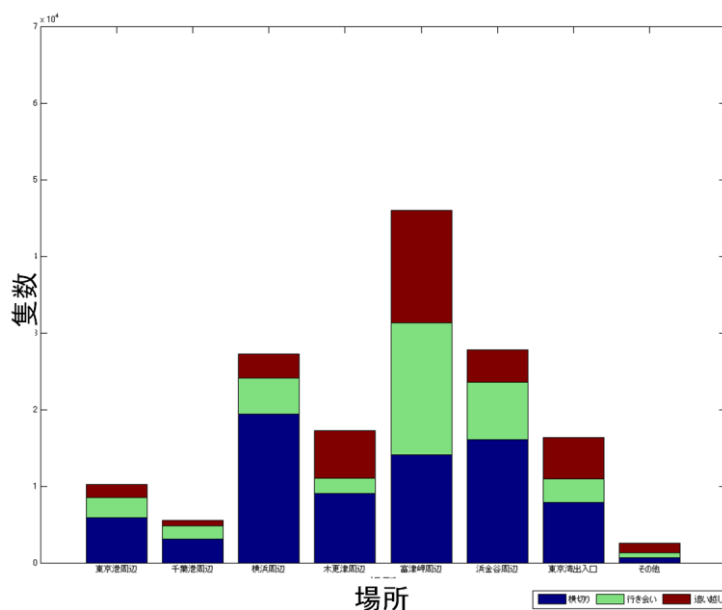


図 5.10： 海域別の危険船の延べ数

図 5.11 は海域別に計算された SJ 値の割合と見合い関係を示したものである。

図 5.11 を見ると、どの海域でも「追い越し」の見合い関係は SJ 値が「-1」、「0 以上」と比較的「安全」であると分かる。一方で「横切り」の見合い関係の危険度の割合が非常に高い。これは、「横浜港周辺」と「木更津港周辺」に関しては、出港船と入港船との見合い関係の為、また、「浜金谷周辺」に関しては東京湾フェリーと北航船、南航船との見合い関係の為に、「横切り」関係が多いためと考えられる。また、「富津岬周辺」では「行き会い」の見合い関係が多い。「富津岬周辺」に関しては、浦賀水道航路の北航航路と南航航路の内側を通行している船舶同士が行き会いの関係であると判断されたためと思われる。しかし、SJ 値としては危険と判断されているが、実際は航路で分かれて航行されている為、多くの場合は安全であると考えられる。

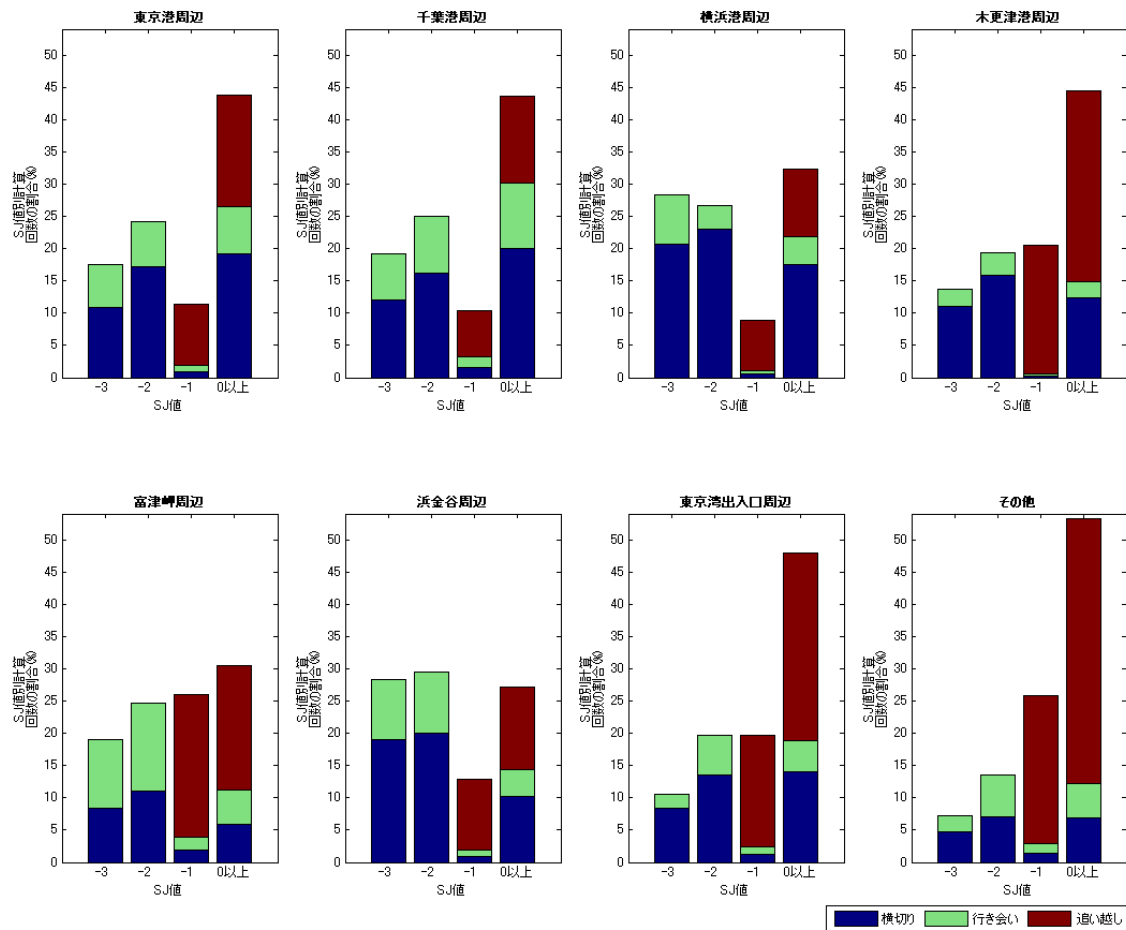


図 5.11： 海域別 SJ 値の比較

### 5.3 海域別・時間帯別

ここでは、海域別毎に時間帯別の SJ 値が計算された回数と見合い関係を示す。

#### 【東京港周辺】

東京港周辺図を図 5.12 で示す。

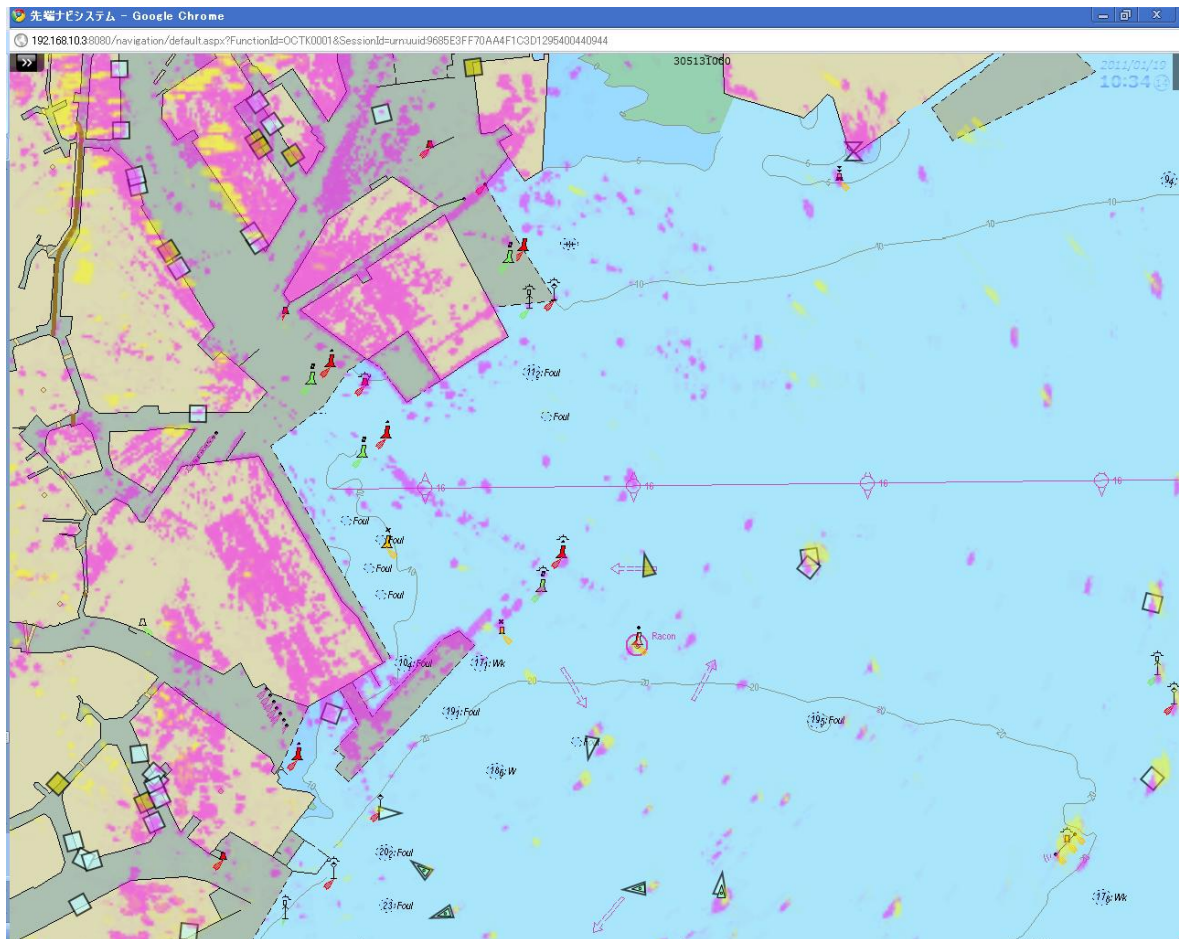


図 5.12：東京港周辺

図 5.13 は「東京港周辺」の SJ 値が計算された回数と、その見合い関係を時間帯別に示したものである。また図 5.14 は、「東京港周辺」の時間帯別に計算された SJ 値の中で、見合い関係の割合を示したものである。

計算を行った期間中に東京港周辺では 233 隻の船舶が存在していた。そして見合い関係は 18,095 回、危険船は 10,182 隻であった。図 5.13 を見ると、「追い越し」の見合い関係は、12 時台から 17 時台、6 時台と 7 時台に多いが、図 5.14 より SJ 値が 0 以上と計算されていることが多い為、基本的に安全であることが分かる。同様に図 5.13、図 5.14 を見ると、「横切り船」の見合い関係は、午後 12 から 18 時まで、6 時台と 7 時台に多く、危険値の割合が多いことも分かる。

以上より、「東京港周辺」は「横切り」関係の危険船が多いと分かる。



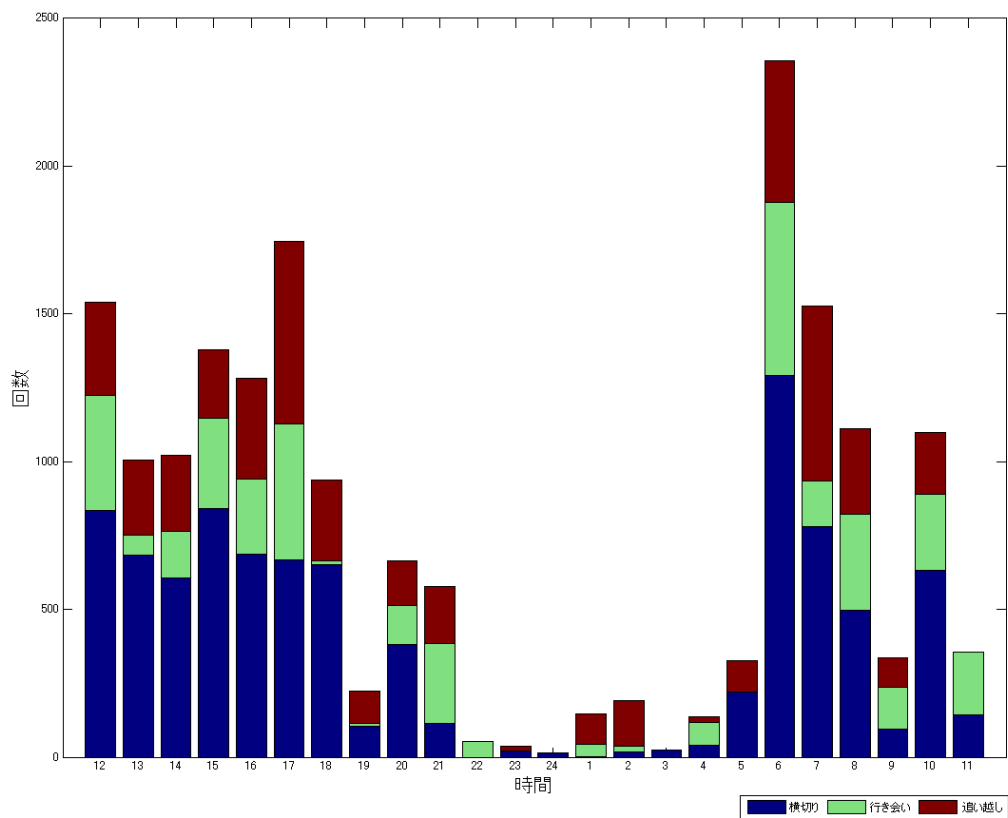


図 5.13： 東京港周辺時間帯別 SJ 値の計算回数比較

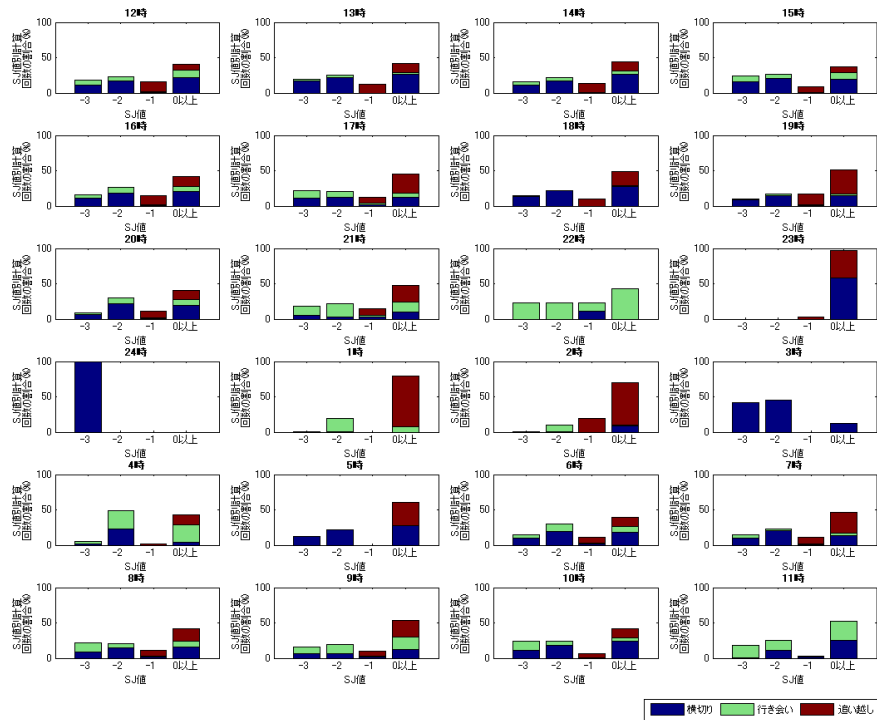


図 5.14： 東京港周辺時間帯別 SJ 値の比較

## 【千葉港周辺】

千葉港周辺図を図 5.15 で示す。

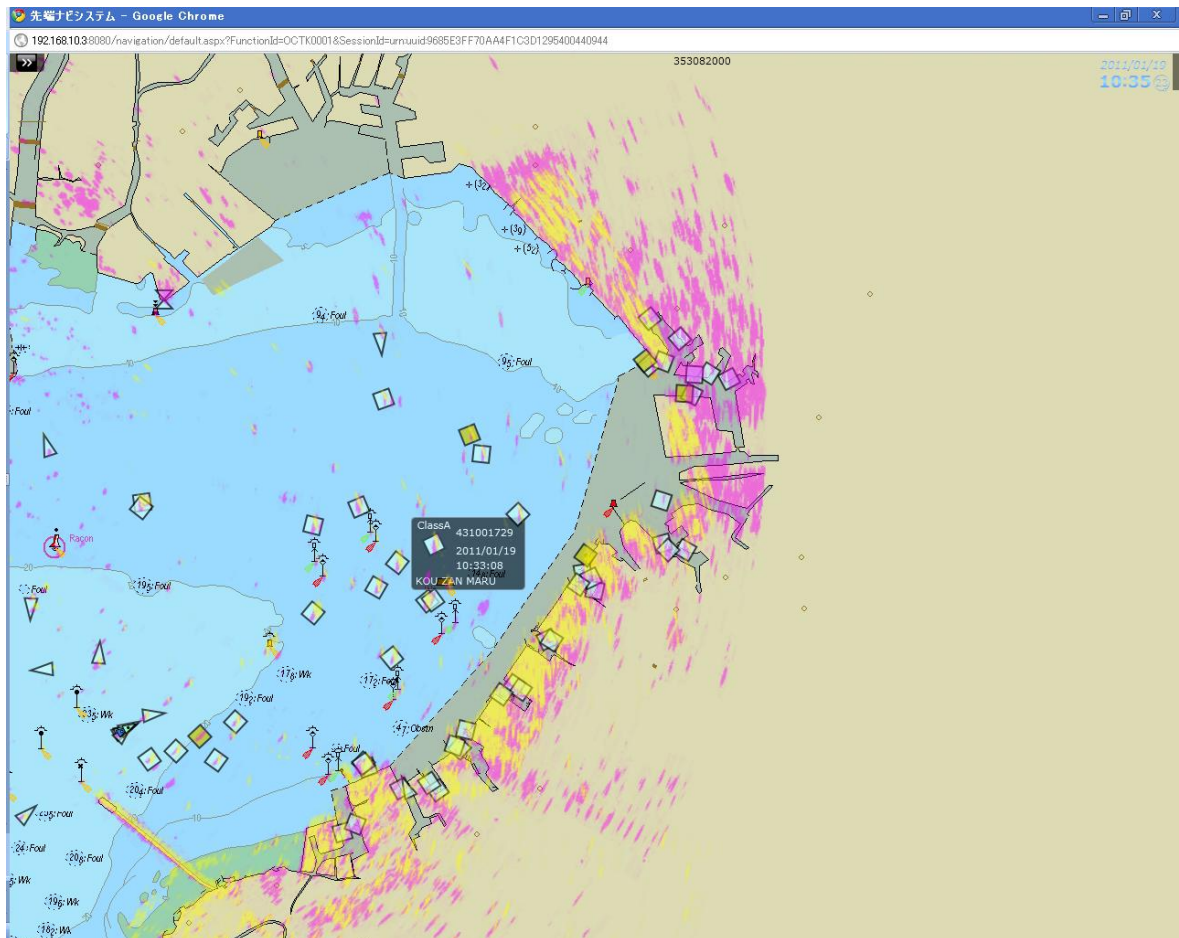


図 5.15：千葉港周辺

図 5.16 と図 5.17 は、「千葉港周辺」の海域別毎に時間帯別の SJ 値が計算された回数と、見合い関係を示すグラフである。

計算を行った期間中に「千葉港周辺」では 199 隻の船舶が存在していた。そして見合い関係は 9,849 回、危険船は 5,554 隻であった。図 5.16 を見ると、「行き会い」の見合い関係は、12 時、15 時から 18 時、6 時台と 11 時に多く、図 5.17 を見ると比較的危険な船が多いことが分かる。

同様に図 5.16、図 5.17 を見ると、「横切り」の見合い関係は、7 時台から 12 時台と 15 時から 18 時に多い。こちらは 7 時台から 12 時台には危険な船が多いが、15 時台から 18 時台は安全な船舶が増えてきていることが分かる。

以上より、「千葉港周辺」では一日を通して「行き会い」関係の危険船が多く、また 7 時台から 12 時台には「横切り」関係の危険船も多いと分かる。

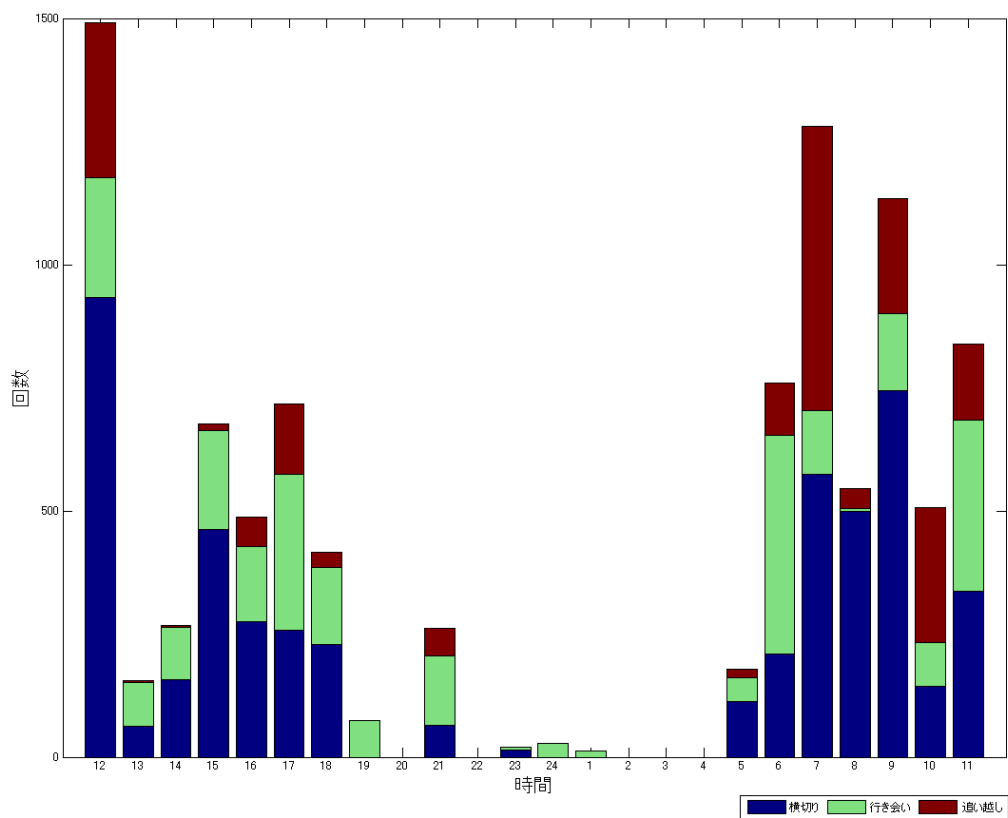


図 5.16：千葉港周辺時間帯別 SJ 値の計算回数比較

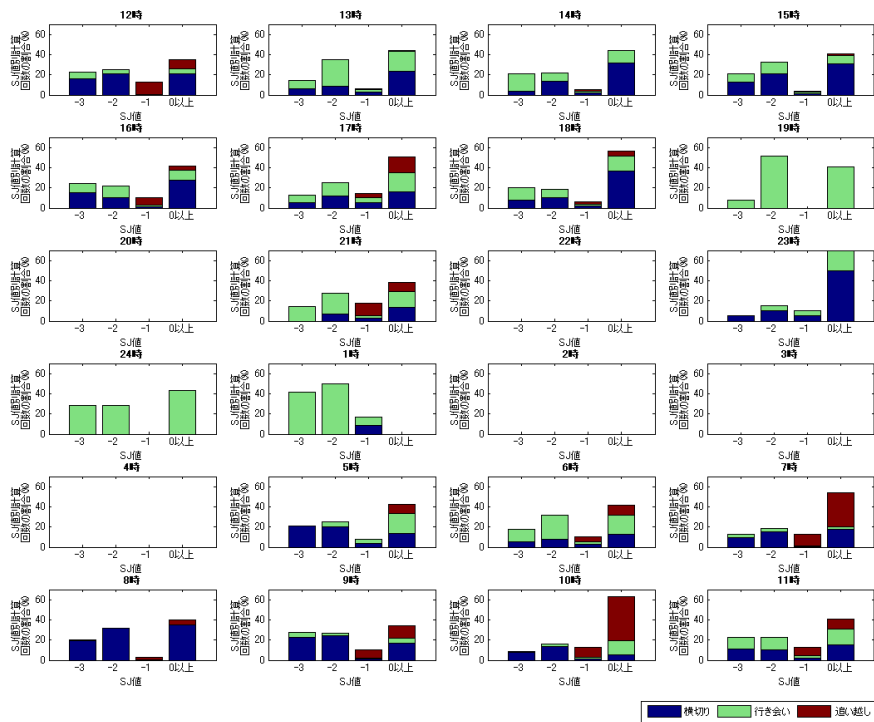


図 5.17：千葉港周辺時間帯別 SJ 値の比較

### 【横浜港周辺】

横浜港周辺図を図 5.18 で示す。

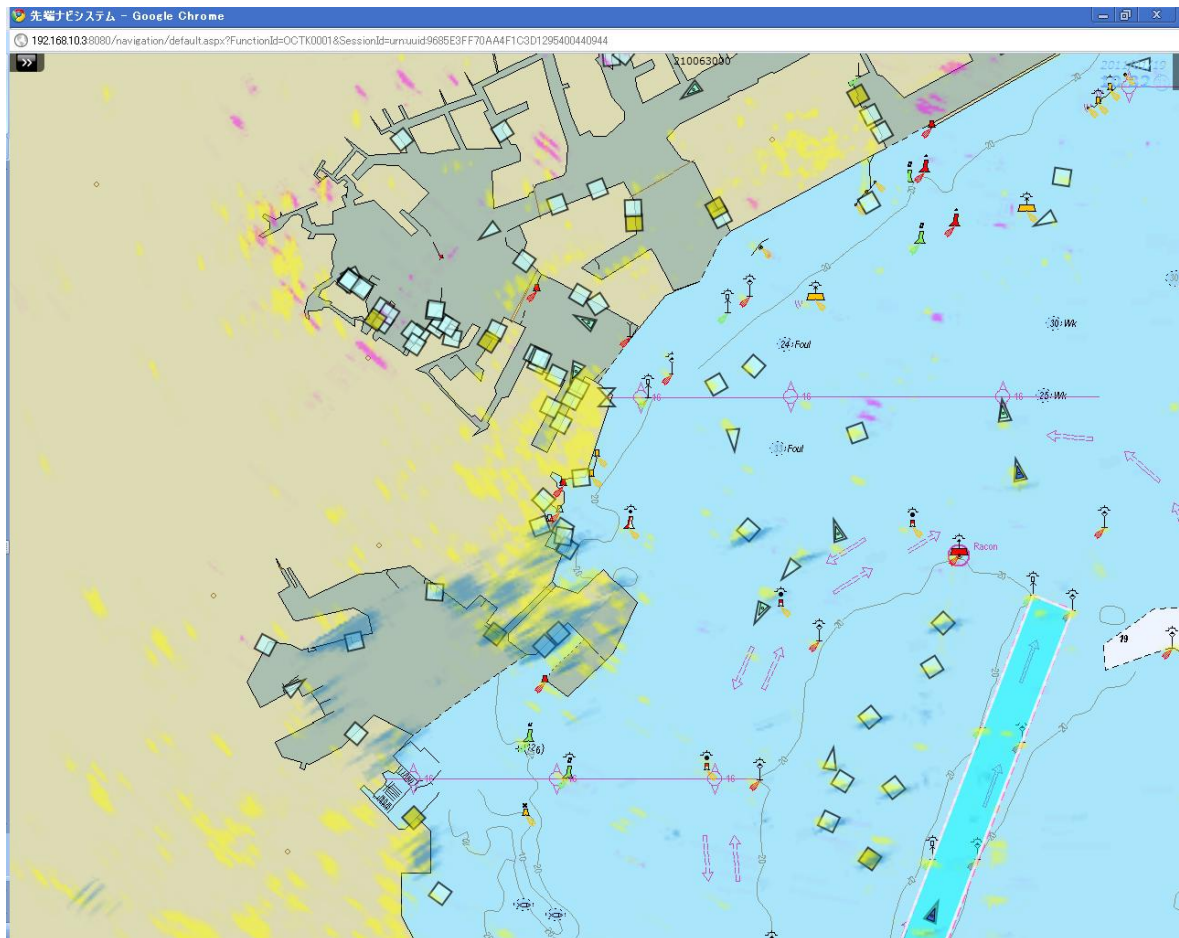


図 5.18： 横浜港周辺

図 5.19 と図 5.20 は、「横浜港周辺」の海域別毎に時間帯別の SJ 値が計算された回数と、見合い関係を示すグラフである。

計算を行った期間中に「横浜港周辺」では 405 隻の船舶が存在していた。そして見合い関係は 40,248 回、危険船は 27,262 隻であった。 図 5.19 を見ると、「横切り」の見合い関係が全体的に多く、図 5.20 を見ると危険値の中でも「横切り」の見合い関係が占めている割合が多いことが分かる。 同様に図 5.19、図 5.20 を見ると、「行き会い」の見合い関係は、午後に多く、またそのほとんどが危険値である。

以上より、「横浜港周辺」では「行き会い」と「横切り」関係の危険船が多く、特に「横切り」に関しては注意が必要であると分かる。

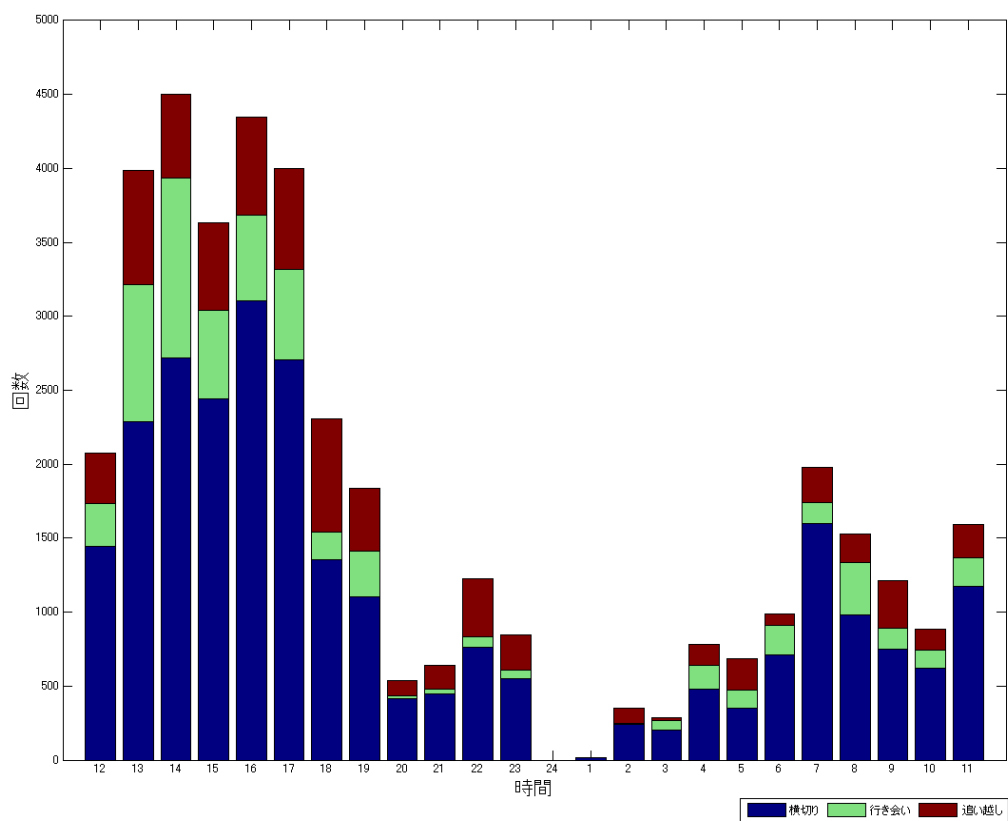


図 5.19：横浜港周辺時間帯別 SJ 値の計算回数比較

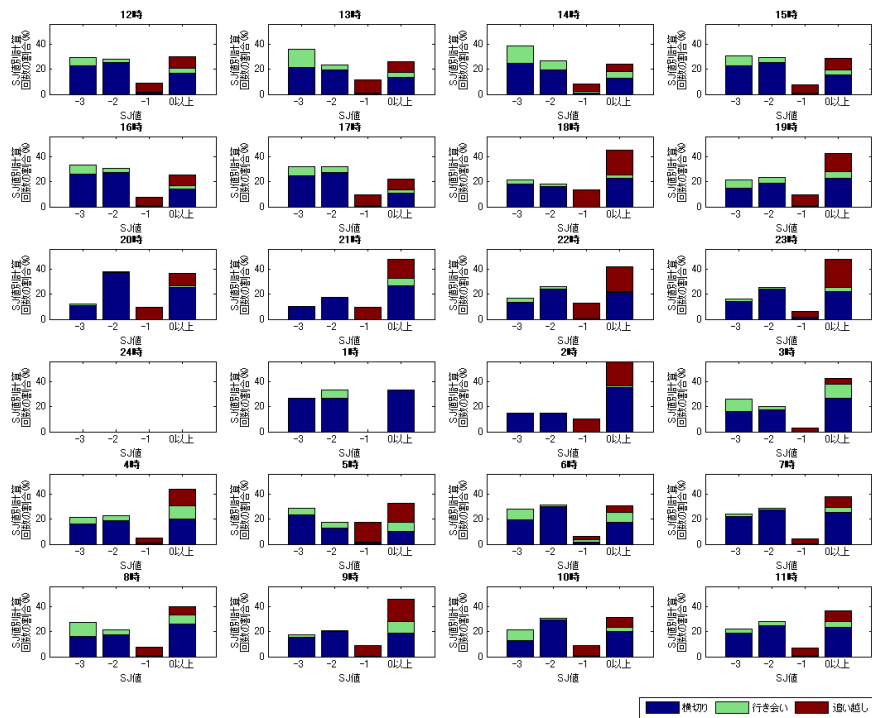


図 5.20：横浜港周辺時間帯別 SJ 値の比較

## 【木更津港周辺】

木更津港周辺図を図 5.21 で示す。

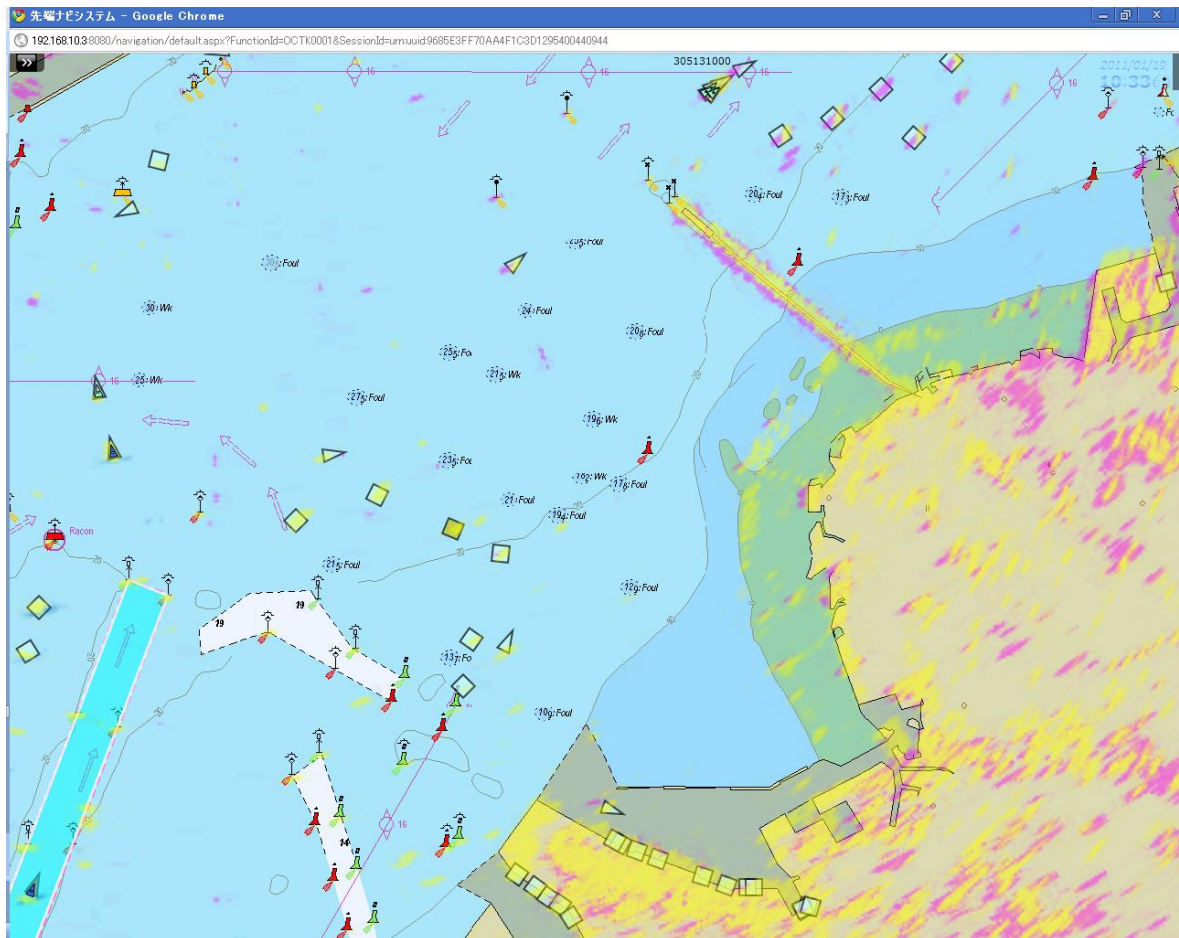


図 5.21： 木更津港周辺

図 5.22 と図 5.23 は、「木更津港周辺」の海域別毎に時間帯別の SJ 値が計算された回数と、見合い関係を示すグラフである。

計算を行った期間中に「木更津港周辺」では 260 隻の船舶が存在していた。そして見合い関係は 31,074 回、危険船は 17,250 隻であった。

図 5.22 を見ると、「追い越し」の見合い関係が全体的に多いが、図 5.23 を見ると安全な場合の船舶が多いことが分かる。同様に図 5.22、図 5.23 を見ると、「横切り」の見合い関係も全体的に多いが、「追い越し」関係よりは危険な場合が多いことが分かる。

以上より、「木更津港周辺」では「追い越し」関係が多く表れているが、比較的に安全である一方で、「横切り」関係には注意が必要であると分かる。



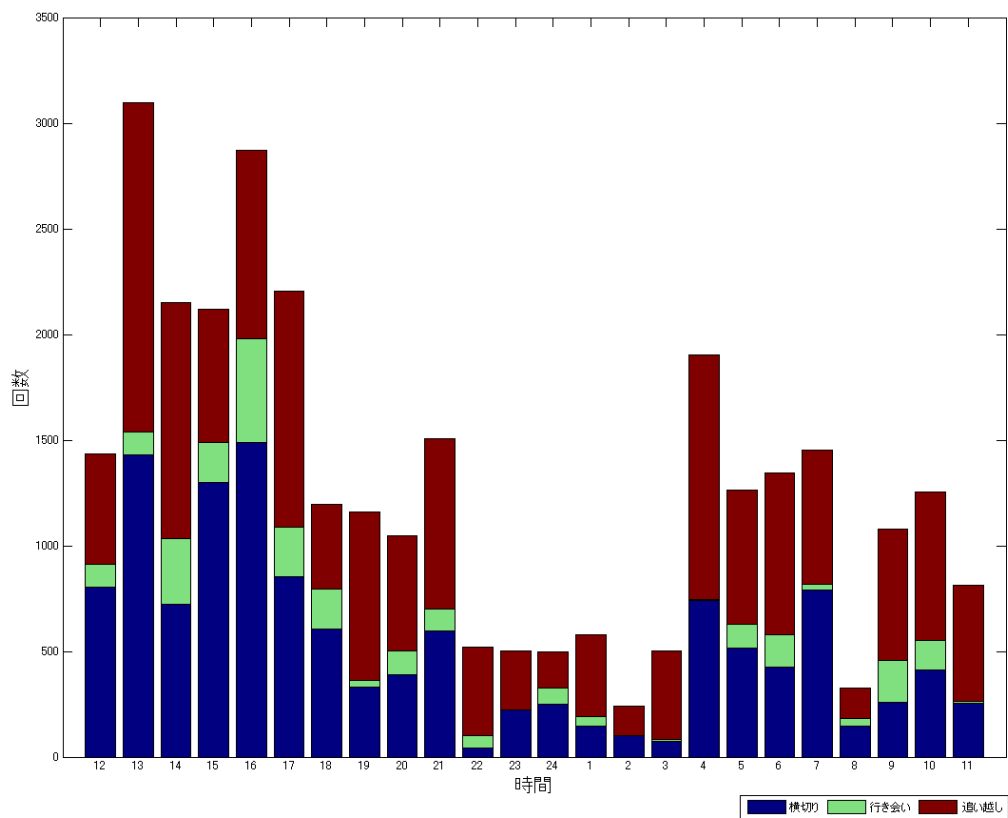


図 5.22： 木更津港周辺時間帯別 SJ 値の計算回数比較

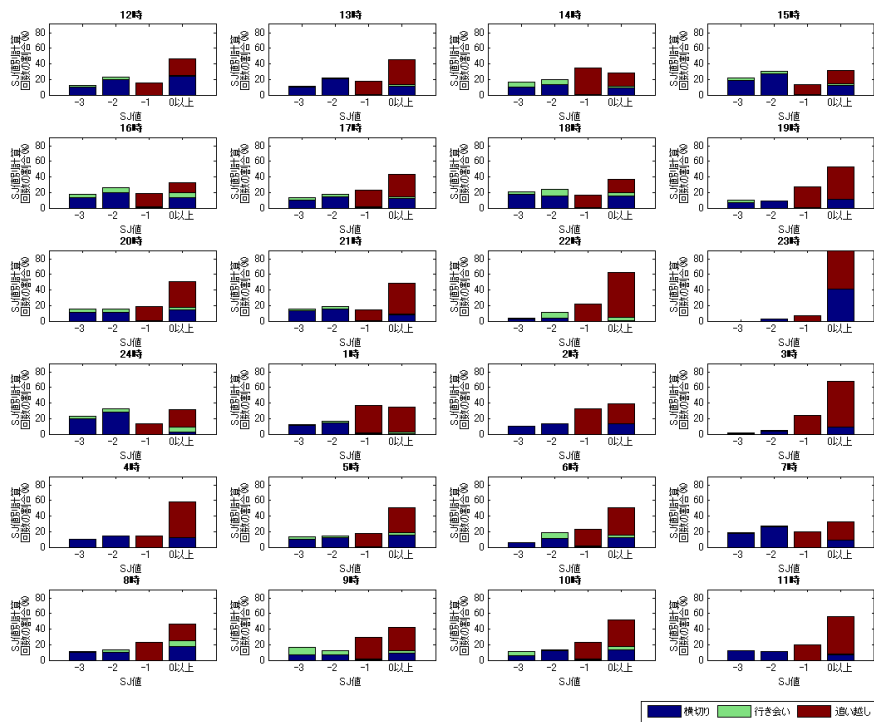


図 5.23： 木更津港周辺時間帯別 SJ 値の比較

## 【富津岬周辺】

富津岬周辺図を図 5.23 で示す。



図 5.23： 富津岬周辺

図 5.24 と図 5.25 は「富津岬周辺」の海域別毎に時間帯別の SJ 値が計算された回数と、見合い関係を示すグラフである。

計算を行った期間中に「富津岬周辺」では 344 隻の船舶が存在していた。そして見合い関係は 66,108 回、危険船は 45,967 隻であった。

図 5.24 を見ると、「横切り」の見合い関係は 13 時台から 18 時台に多く、「行き会い」と「追い越し」は比較的均等に存在している。図 5.25 を見ると危険値の中でも「行き会い」の見合い関係が占めている割合が多く、「追い越し」関係は比較的に安全であることが分かる。

以上より、「富津岬周辺」では「行き会い」関係の危険船が多いが、5.2 章で既述した通り、浦賀水道航路の北航航路と南航航路の内側を通行している船舶同士が行き会いの関係と判断された可能性もある。その為、実際には航路で通航が分かれている為に危険と判断された船舶においても、安全である可能性がある。

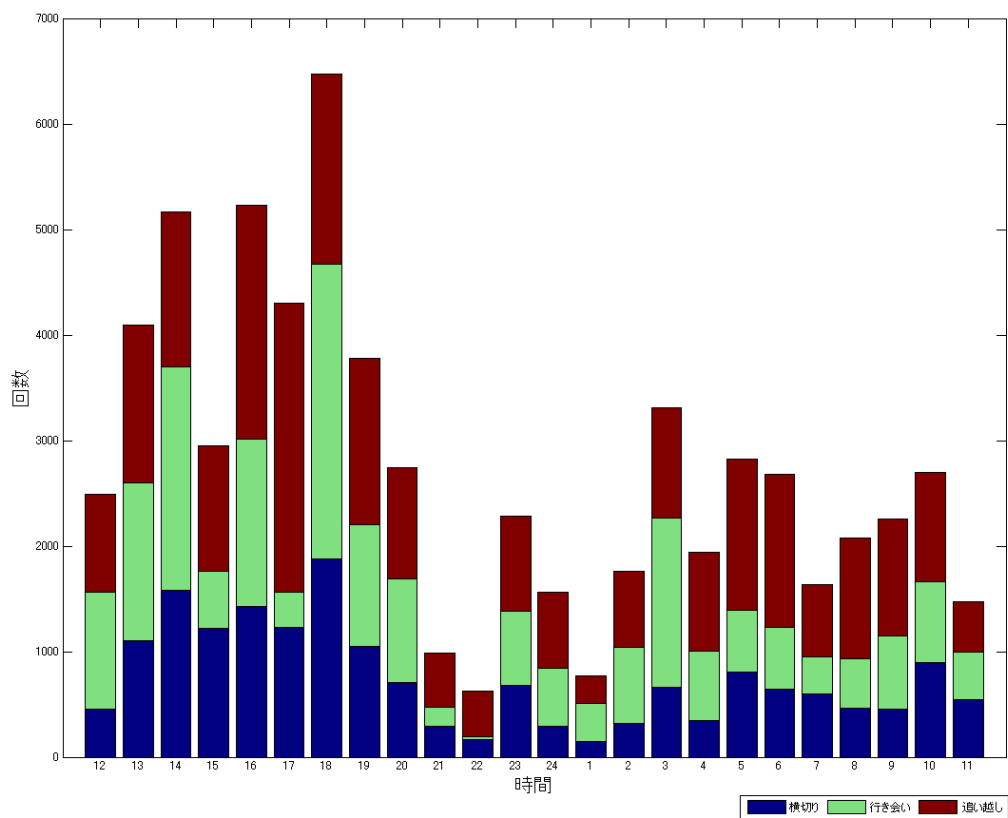


図 5.24： 富津岬周辺時間帯別 SJ 値の計算回数比較

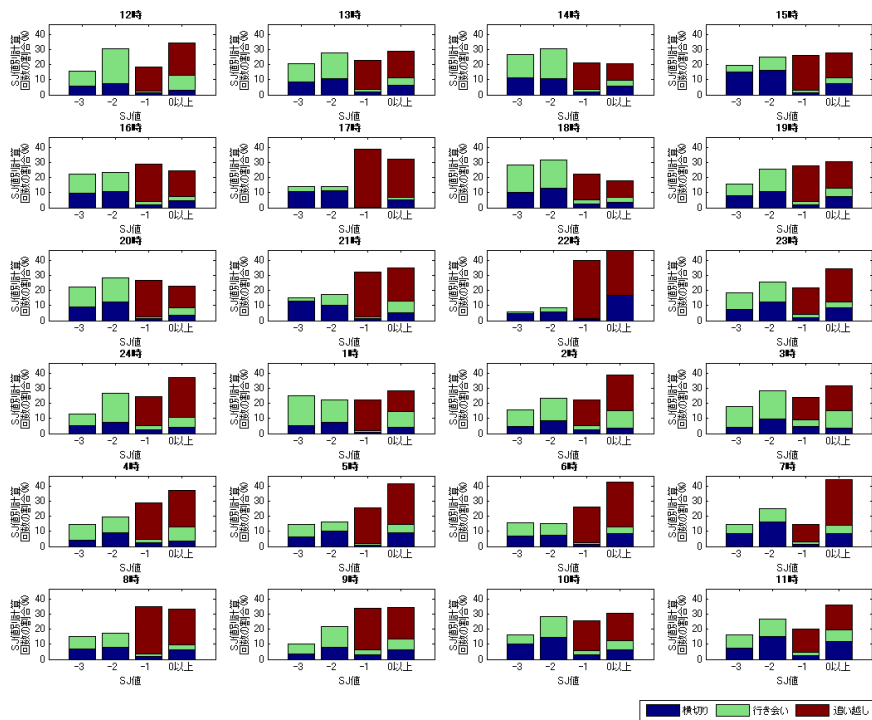


図 5.25： 富津岬周辺時間帯別 SJ 値の比較

### 【浜金谷周辺】

周辺図を図 5.25 :「浜金谷周辺図」で示す。

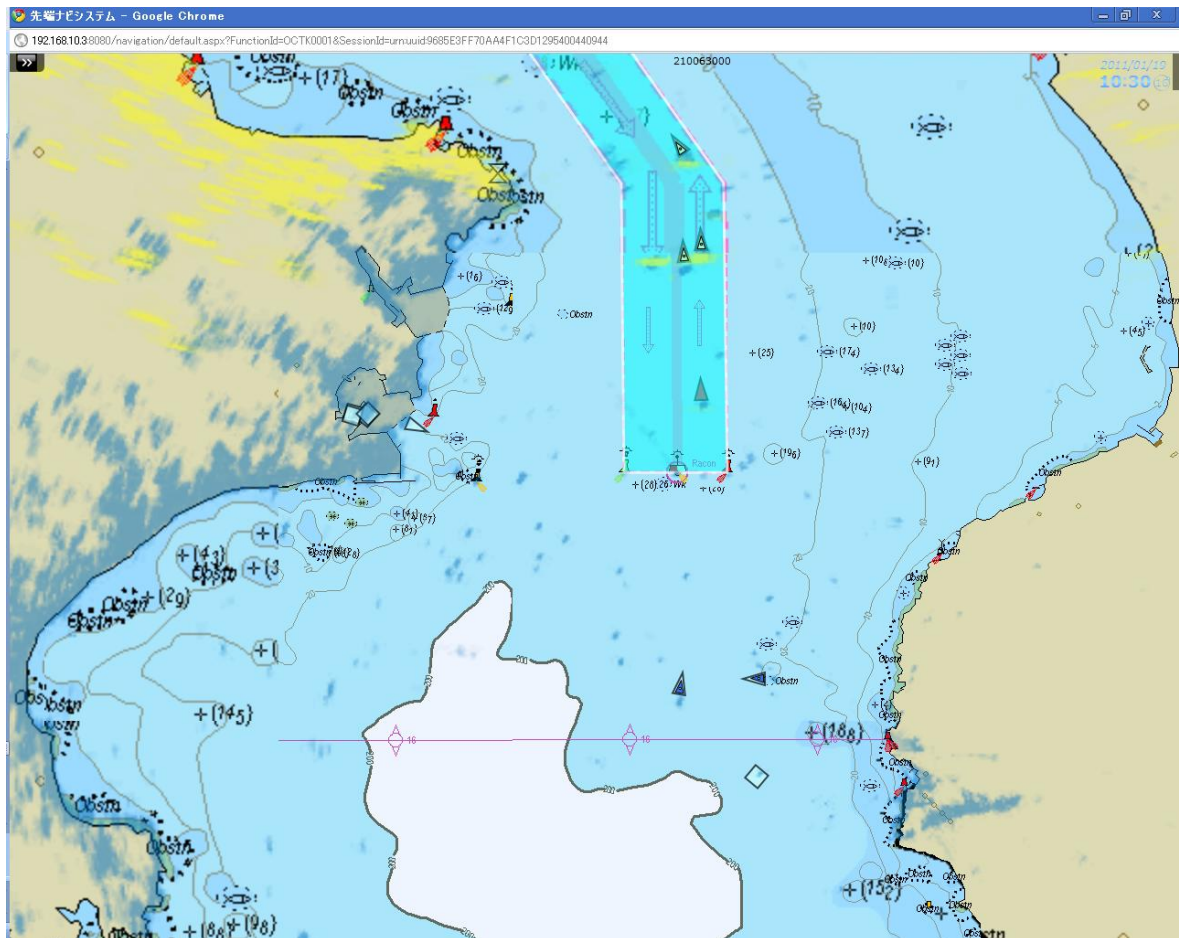


図 5.25 : 浜金谷周辺

図 5.26 と図 5.27 は、「浜金谷周辺」の海域別毎に時間帯別の SJ 値が計算された回数と、見合い関係を示すグラフである。

計算を行った期間中に「浜金谷周辺」では 212 隻の船舶が存在していた。そして見合い関係は 38,141 回、危険船は 27,751 隻であった。図 5.26 を見ると、「横切り」の見合い関係が全体的に多く、図 5.27 を見ると危険な場合が多いことが分かる。

以上より、「浜金谷周辺」では「横切り」関係に注意が必要である。また、この周辺は東京湾フェリーの航行海域でもあり、その為このような結果になったと考えられる。

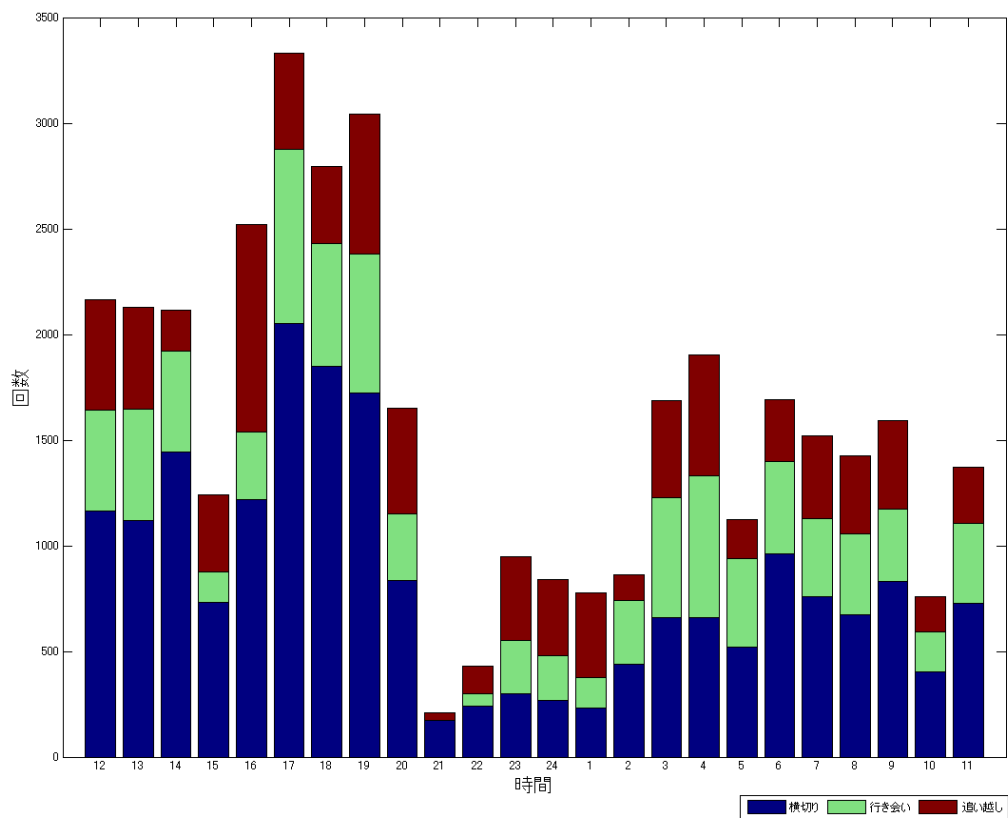


図 5.26 : 浜金谷周辺時間帯別 SJ 値の計算回数比較

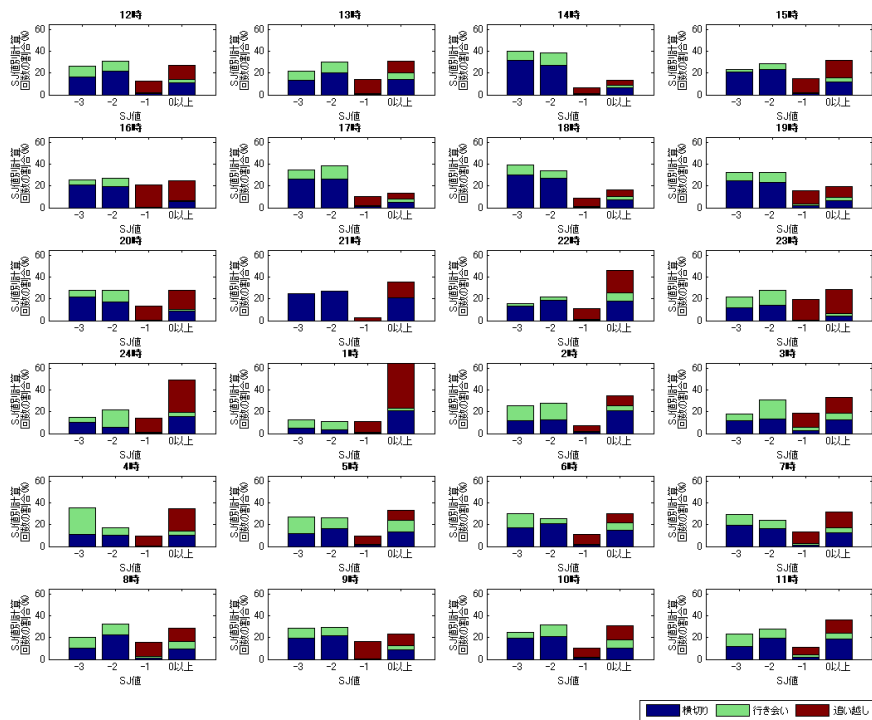


図 5.27 : 浜金谷周辺時間帯別 SJ 値の比較

### 【東京湾出入口周辺】

周辺図を図 5.28 :「東京湾出入口周辺図」で示す。

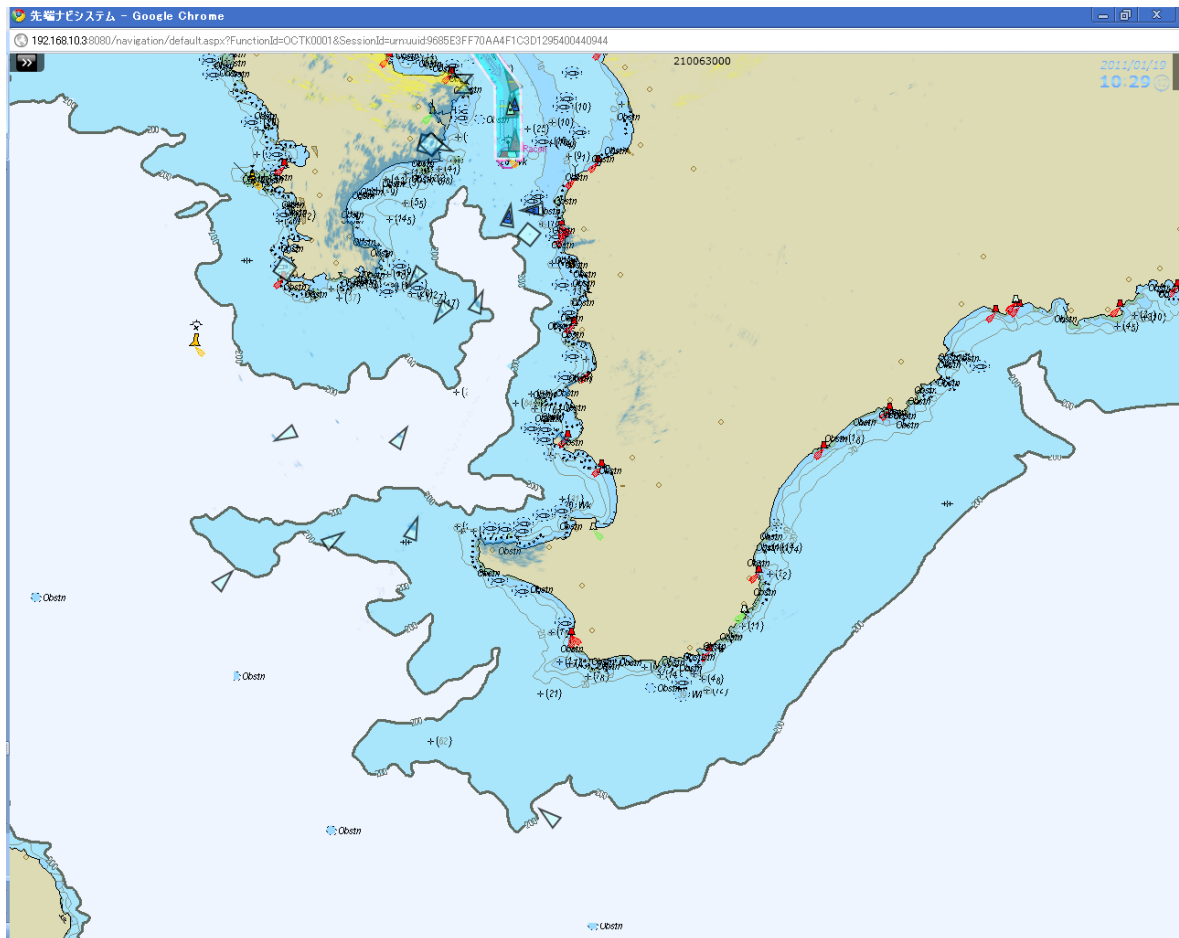


図 5.28 : 東京湾出入口周辺

図 5.29 と図 5.30 は、「東京湾出入口周辺」の海域別毎に時間帯別の SJ 値が計算された回数と、見合い関係を示すグラフである。

計算を行った期間中に「東京湾出入口周辺」では307 隻の船舶が存在していた。そして見合い関係は31,451 回、危険船は16,376 隻であった。 図 5.29 を見ると、「横切り」と「追い越し」の見合い関係が他の場所と比較して全体的に多く、図 5.30 を見ると、「追い越し」関係は安全である一方で、「横切り」関係は比較的危険であることが分かる。

以上より、「東京湾出入口周辺」では「横切り」関係に注意が必要であると分かる。



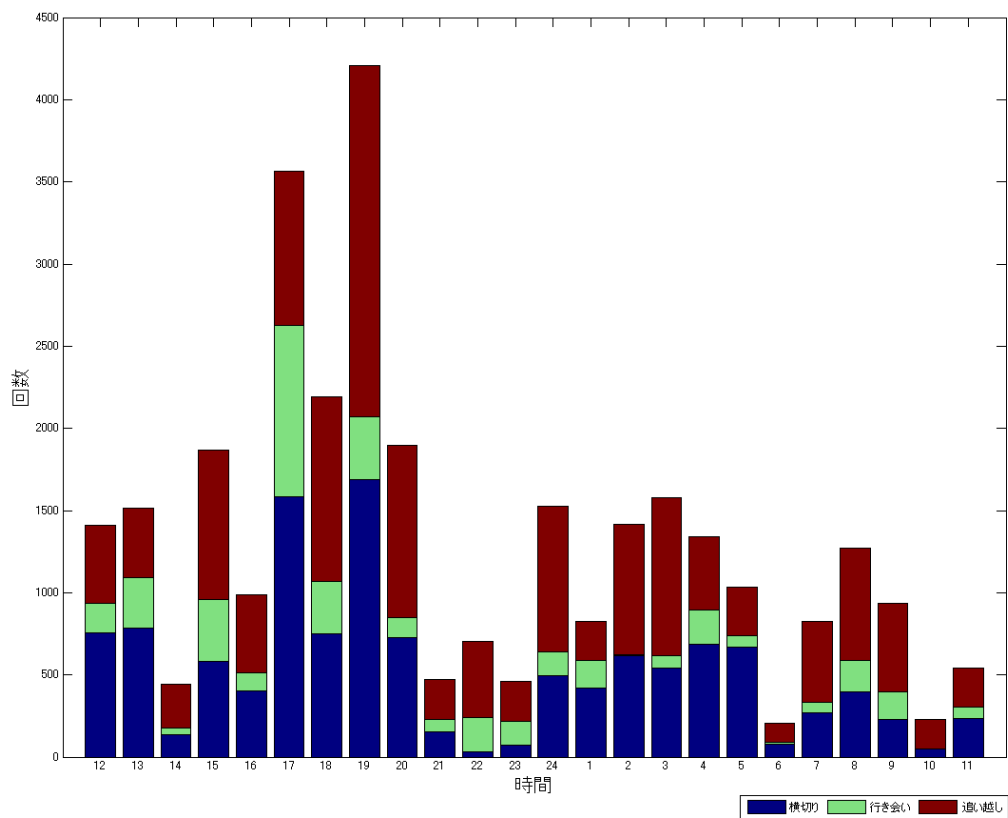


図 5.29： 東京湾出入口周辺時間帯別 SJ 値の計算回数比較

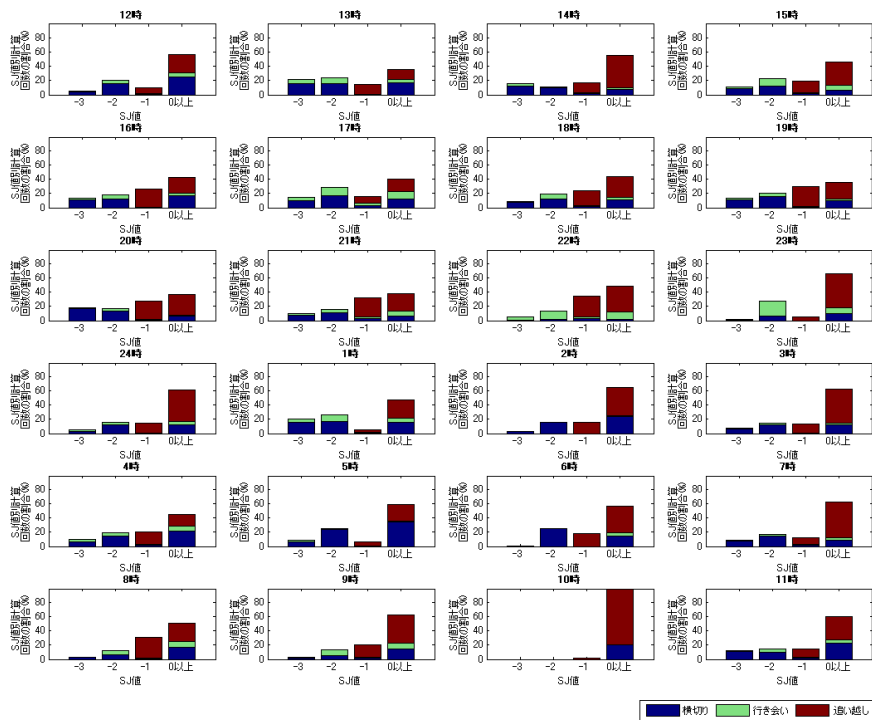


図 5.30： 東京湾出入口周辺時間帯別 SJ 値の比較

## 【その他】

周辺図を図 5.31 : 「その他」 で示す。

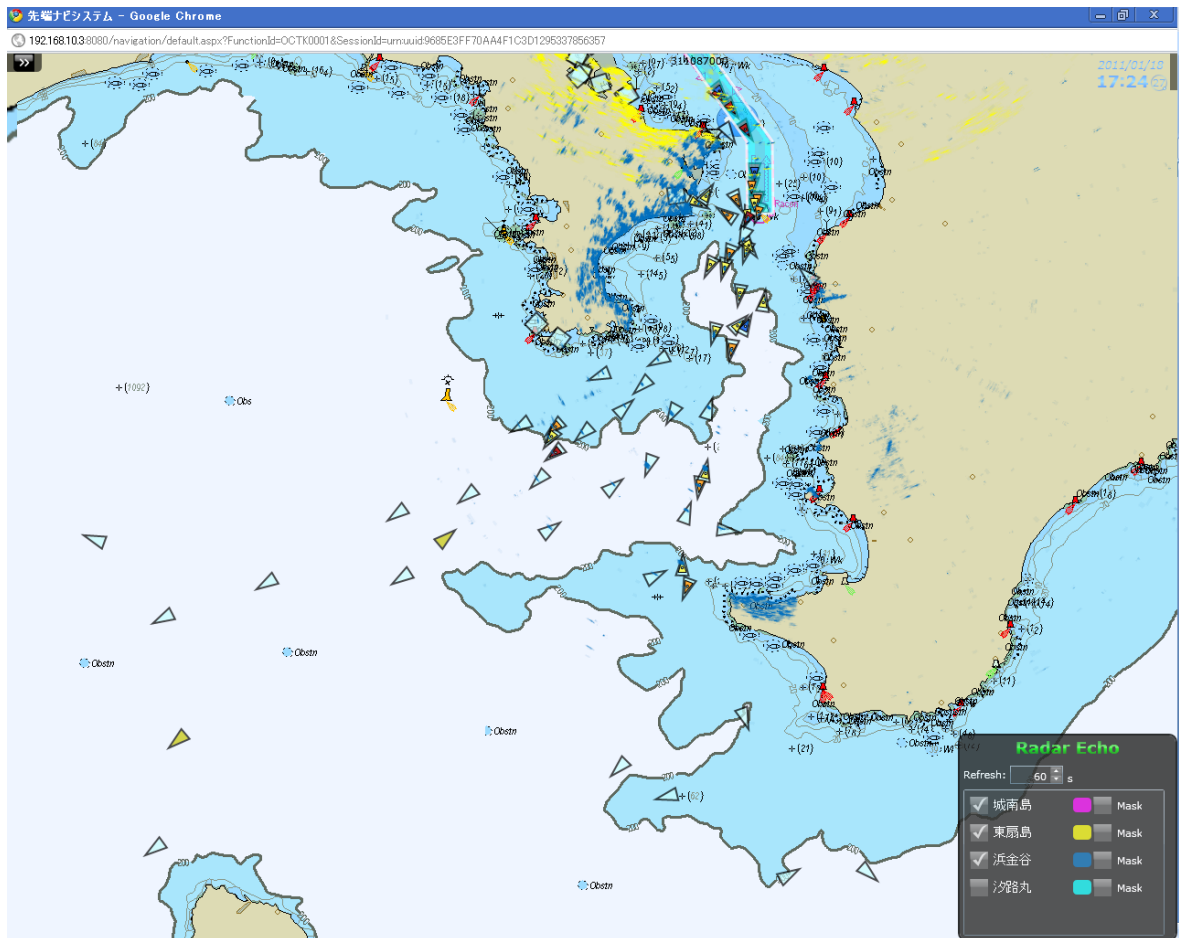


図 5.31 : その他

図 5.32 と図 5.33 は、「その他の海域」の海域別毎に時間帯別の SJ 値が計算された回数と、見合い関係を示すグラフである。

計算を行った期間中に「その他の海域」では、130 隻の船舶が存在していた。そして見合い関係は 5,420 回、危険船は 2,530 隻であった。 図 5.32 を見ると、「追い越し」の見合い関係が全体的に多いが、図 5.33 を見ると比較的安全であることが分かる。 同様に図 5.32、図 5.33 を見ると、「行き会い」見合い関係は夕方が多く、比較的に危険値が多いことが分かる。

以上より、「その他の海域」では東京湾へ向けて入航している船と、東京湾内から出航してきた船による「行き会い」の見合い関係が多く、また、危険な可能性が高いと判断できる。

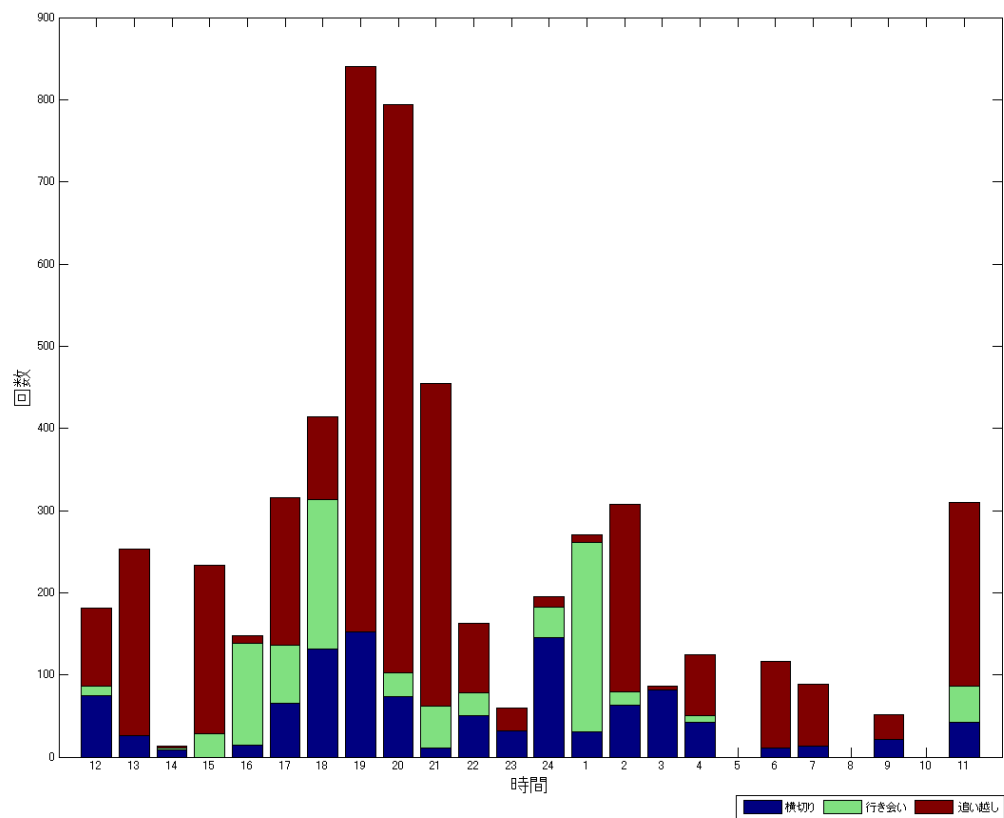


図 5.32 : その他時間帯別 SJ 値の計算回数比較

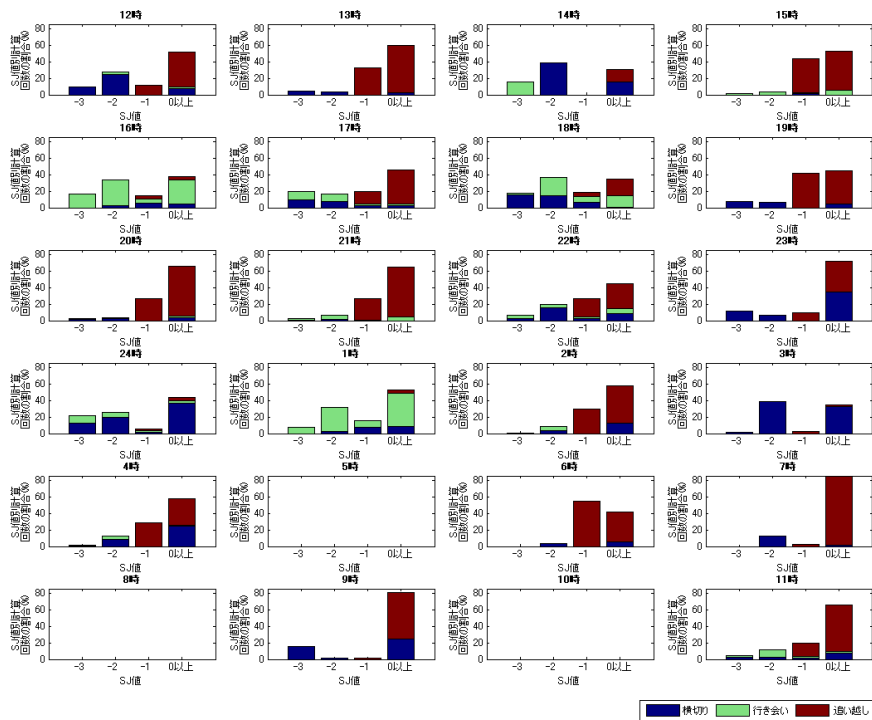


図 5.33 : その他時間帯別 SJ 値の比較

## 6 結論・展望

### 【結論】

著者は、「先端ナビゲートシステム」の設計・開発段階からプロジェクトに携わり、本研究を行った。

本研究では、運航支援に関する研究・開発の為に開発された先端ナビを用いた基礎研究として、SJ 値を用いた衝突危険度の判定と、その表示を先端ナビで行った。以下に各章の概要を記述する。

第2章では、「船舶運航の現状と、次世代の船舶運航」について、海運と空輸・鉄道を比較しながら述べた。空輸・鉄道では海運よりも先駆けて運航管理・支援の体制作りが行われており、それぞれ海運が目指す「作業効率化」や「現場の負荷減少」といった結果が出ている。その一方で、平成23年1月17日に発生したJR 東日本の新幹線運行管理システム（COSMOS）のトラブルの様な事例も発生している。今後、海運の運航管理が、運航支援に近いシステムへとシフトしていく中で、システムに頼るだけではなく、関係者内の連携が不可欠であると分かった。

第3章では、第4章にて使用している先端ナビの機能について述べた。平成21年よりプロジェクトを始動し、平成22年4月1日よりシステムが稼働したばかりではあるが、様々な面で効果が出始めている。しかし、運用面では、まだエラー処理も多い。この先端ナビの最大の特徴は、「先端ナビで収集・管理している情報を用いて、新たな研究やシステム開発が可能であり、また、その成果を先端ナビに反映出来ること」である。

第4章では、基礎研究の第一段階として、先端ナビの最大の特徴を活用し、海上交通工学で使われるSJ 値を用いたリアルタイムでの衝突危険度の判定とその表示を先端ナビで行った。リアルタイムで計算処理を行うことにより、先端ナビで東京湾内の現在の危険度を目視で把握することが可能となった。この基礎研究を行ったことで、今後AIS 情報を使用した様々なシステムを作成するための土台を作成することが出来た。

第5章では、第4章で計算を行った衝突危険度の解析を行った。解析は、「時間帯別」、「海域別」「海域・時間帯別」に行った。「時間帯別」に見ると、7時前後と17時前後の時間帯といった、隻数が多い時間帯ほど、危険船が多く存在することが分かった。さらに「海域別」に見てみると、海域ごとに「見合い関係」と「SJ 値」の関係が異なることが分かった。また、「海域・時間帯別」に見てみると、海域ごとに危険な時間帯が異なっており、また、危険な見合い関係も異なることが分かった。しかし今回の解析では、「追い越し」関係については「安全」と判断されることが多かった。

また、今回作成したプログラムでは、SJ 値の計算結果のみ保存されており、東京湾全体のAIS 情報は保存されてなく、解析が十分だったとは言えない。

## 【展望】

今回は基礎研究として先端ナビの運用の習熟と、AIS 情報を用いた東京湾におけるリアルタイムでの海上交通の解析機能の追加及び運用を行った。今後はバンパーモデルとの併用や、今回保存されていない東京湾全体の AIS 情報保存等、更なる精度の向上を目指して、改善が必要であると考えられる。また、今回の開発ではリアルタイムでの計算に重点を置いていたため、先端ナビの機能の1つである「プレイバック」に対応していない。今後先端ナビにおいて、事故調査や海上交通量調査等を行っていくためにも、「プレイバック」機能に対応させることが必要となる。さらに、AIS 情報とレーダー情報を併用しての解析など、小型船舶も含めた危険度を把握するために、新たな課題も考えられる。

本研究で、先端ナビの設計・開発段階からプロジェクトに携わることにより、システム設計の考え方や効率的な運用方法の考え方など、多くの事を学ぶことが出来た。ここで得た知識と経験を今後の仕事に活かしていきたいと考えている。また、今後は先端ナビを活用した産・学・官連携の共同研究、また海外との共同研究が、「海上交通学」や「運航管理・支援体制」、「ウェザールーティング」など多くの分野で考えられている。この共同研究に対応出来るよう、今回の研究内容や JRC から教えていただいた技術を確実に次世代に伝え、更なる発展のための土台にしてもらいたい。

## 謝辞

本研究にあたり、多くの方々から御指導を頂きました。研究中に温かい御指導と助言、そして励ましを賜りました、東京海洋大学先端科学技術センター 大津皓平特任教授には厚く御礼を申し上げます。また、卒業研究より4年間、多くの助言と励ましと共に、研究の御指導を賜りました、東京海洋大学海洋工学部 庄司るり准教授に厚く御礼を申し上げます。そして、先端ナビゲートシステムに関して、多くの御指導を賜りました、日本無線株式会社 鈴木寿一様、池山智道様、JRC エンジニアリング株式会社 小野滋久様、羽田佳啓様、先端ナビの関係者の皆様、卒業研究より様々な面でお世話になりました、西山尚材氏、岡村直興氏、間山聖也氏に心より感謝の意を表します。

最後に、大学進学後の6年間、様々な面でサポートをしてくださった家族に厚く御礼を申し上げます。



## 参考文献

1. 海洋政策研究団著 : 海洋白書 2010、2010
2. 藤井弥平・巻島勉・原潔 : 海上交通工学、海文堂出版株式会社、1981
3. 今津隼馬 : 避航と衝突予防装置、株式会社成山堂書店、1984
4. 大津皓平・織田博行 : 船陸間通信を活用した船舶の運行管理システムの開発動向 ―海洋ブロードバンド研究会の活動を中心に―、日本航海学会誌「NAVIGATION」第 174 号、pp.44-49、2010.9
5. 古屋弘信 : スカパーJSAT の Ocean BB サービス、日本航海学会誌「NAVIGATION」第 174 号、pp.53-54、2010.9
6. 鈴木寿一 : GIS（地理情報）を利用した運航管理の展望、日本航海学会誌「NAVIGATION」第 174 号、pp.62-65、2010.92
7. 日本無線株式会社 : 先端ナビゲートシステム 完成図書、2010.3
8. 岡野匡 : レーダ観測による船舶交通データの解析手法に関する研究、博士学位論文、平成 18 年度
9. 齋藤志保 : 解析レーダシミュレータの開発、卒業論文、平成 21 年度
10. 杉崎聡史 : 海洋ブロードバンド時代における Google Earth を用いた運航支援に関する研究、卒業論文、平成 20 年度
11. 株式会社南国ソフト著 : Web アプリケーション開発者のための Silverlight リファレンスブック基本編、株式会社エクスナレッジ、2010
12. John Papa 著 SilverlightSquare 訳 : Silverlight で開発するデータ駆動アプリケーション、株式会社オライリー・ジャパン、2009

付録1 先端ナビゲートシステム	80
A.1.1 目的と期待される効果	80
A.1.1.1 陸上面	80
A.1.1.2 海上面	80
A.1.1.3 研究面	80
A.1.2 システムの仕様	82
A.1.2.1 機器仕様	82
A.1.2.2 機能仕様	94
A.1.3 インフラストラクチャ	97
A.1.3.1 衛星通信	97
A.1.3.2 東京湾情報ネットワーク	97
A.1.3.3 東京湾リモートレーダーネットワークシステム	97
A.1.4 データ収集・内容	98
A.1.4.1 海図	98
A.1.4.2 船舶情報	98
A.1.4.3 レーダー情報	98
A.1.4.4 AIS 情報	99
A.1.4.5 気象情報	99
A.1.4.6 Web カメラ	99
A.1.5 表示方法	100
A.1.5.1 船舶情報	100
A.1.5.2 その他	104
A.1.6 運用	107
A.1.6.1 汐路丸	107
A.1.6.2 事故調査	111
A.1.7 改修	114
A.1.7.1 平成 22 年 12 月 22 日	114
A.1.8 運用実績・評価	117
A.1.8.1 視察	117
A.1.9 今後の発展について	120

## 付録1 先端ナビゲートシステム

ここでは、第3章では述べなかった先端ナビの目的やシステム仕様、運用等について述べる。

### A.1.1 目的と期待される効果

#### A.1.1.1 陸上面

##### 【目的】

運航管理・船舶管理など運航支援技術者の養成と、情報技術に関する知識習得、及び取り扱い方法の習得、システム開発。

##### 【期待される効果】

- ・ 高度な情報と技術を活用することでの運航支援技術の向上。
- ・ 運航現場の負担軽減と他国の海運サービスとの差別化。

#### A.1.1.2 海上面

##### 【目的】

高度な知識と情報技術を取得した船員及び水先人の養成と、次世代の船舶運航技術の開発。

##### 【期待される効果】

- ・ 高度な知識と情報技術を取得したことで他国船員との差別化。
- ・ 情報技術を活かした船陸間の円滑な情報交換。
- ・ 高度な情報技術を活用した次世代の船舶運航及びサービスの提供。

#### A.1.1.3 研究面

##### 【目的】

次世代の運航技術、船舶工学、気象海象学の研究。及び、統合的な海洋工学の研究、複数分野を融合した研究。

##### 【期待される効果】

- ・ 海陸一貫物流情報システムの開発
- ・ 遠隔医療・診療支援システムの開発
- ・ 最適航路選定システムの開発
- ・ 衝突・座礁回避システムの開発
- ・ 夜間モニタリングシステムの開発
- ・ 離着岸支援システムの開発

図A.1.13は上記の事をまとめたものである。

# 先端ナビゲートシステムの役割



図 A.1.1： 先端ナビの役割

## A.1.2 システムの仕様

### A.1.2.1 機器仕様

先端ナビは、大学側設備と陸上レーダー局、船舶設備により構成され、3.4 章で述べるインフラストラクチャによりネットワークが構築されている。

表 A.1.1 は先端ナビの各種機器の一覧である。また、各機器の詳細は以下に記述する。

表 A.1.1：各種機器一覧

機器名称	設置場所	役割
監視表示ステーション	東京海洋大学	先端ナビのメイン部分であり、監視用のディスプレイなどを設置。
管制制御コンソール	東京海洋大学	先端ナビを管制制御する。
船上模擬ステーション	東京海洋大学	船陸間の情報共有シミュレートを行う際、船側の役割をする。
運用模擬ステーション	東京海洋大学	船陸間の情報共有シミュレートを行う際、陸側の役割をする。
サーバ架	東京海洋大学	先端ナビの各種サーバを搭載。
ネットワーク構成機器	東京海洋大学	先端ナビ室のネットワークを構成。
陸上レーダー局	城南島 東扇島 浜金谷	レーダー情報、AIS 情報、WEB カメラ、風向風速計を取得、先端ナビに送信。
船舶設備	汐路丸	汐路丸のレーダー情報と、航海・機関情報を取得、先端ナビに送信。

大学側設備は、主にデータを受信し保存、表示する役割を担っている。その他の局・設備はデータを取得し、大学設備側にあるサーバへデータを送信している。

以下にて、それぞれの役割と配置場所等を説明する。

【大学側設備 1：表示】

設置場所：東京海洋大学

(監視表示ステーション)

図 A.1.2 は、監視表示ステーションのイメージ図である。

図 A.1.3 は、監視表示ステーションの完成後の全体図である。

- ・ 大型モニタ (46 型) 4 台  
(各表示装置の出力情報が表示出来る。但し、1 台は縦型に設置し、東京湾管内の表示により湾内の船舶動静の監視表示が行える。)
- ・ 中型モニタ (25.5 型) 5 台  
(各表示装置の出力情報が表示出来る。)
- ・ 小型モニタ (21.5 型) 2 台  
(NHK や CNN などのテレビ画面とデータ放送が表示出来る。)
- ・ 表示処理装置 (Windows XP) 9 台  
(サーバ室のサーバと接続し、各情報画面を出力出来る。)
- ・ 映像分配器  
(表示処理装置から出力される画面をモニタ向けと管制制御コンソール向けに分配。)
- ・ KVM  
(Keyboard/Video/Mouse スイッチは、各表示処理装置と管制制御コンソールのキーボード・モニタ・マウスとの接続切換を行う。)
- ・ RGB マトリクススイッチャ  
(各表示処理装置の出力画面を取り込み、各モニタに表示する画面の分岐・選択を行う。分岐・選択は管制制御コンソールにある表示切換器により手動操作で行える。)
- ・ 音声マトリクススイッチャ  
(各表示処理装置の出力音声と小型モニタの放送音声を取り込み、スピーカへ音声出力選択を行う。分岐・選択は管制制御コンソールにある表示切換器により手動操作で行える。)
- ・ 音声増幅器 (スピーカへの音声増幅を行う。)
- ・ スピーカ  
(監視表示ステーションの左右に設置し、各表示処理装置の音声や小型モニタからの TV 音声を出力。)
- ・ デジタル電波時計 (JST)





図 A.1.2 : 監視表示ステーションイメージ図

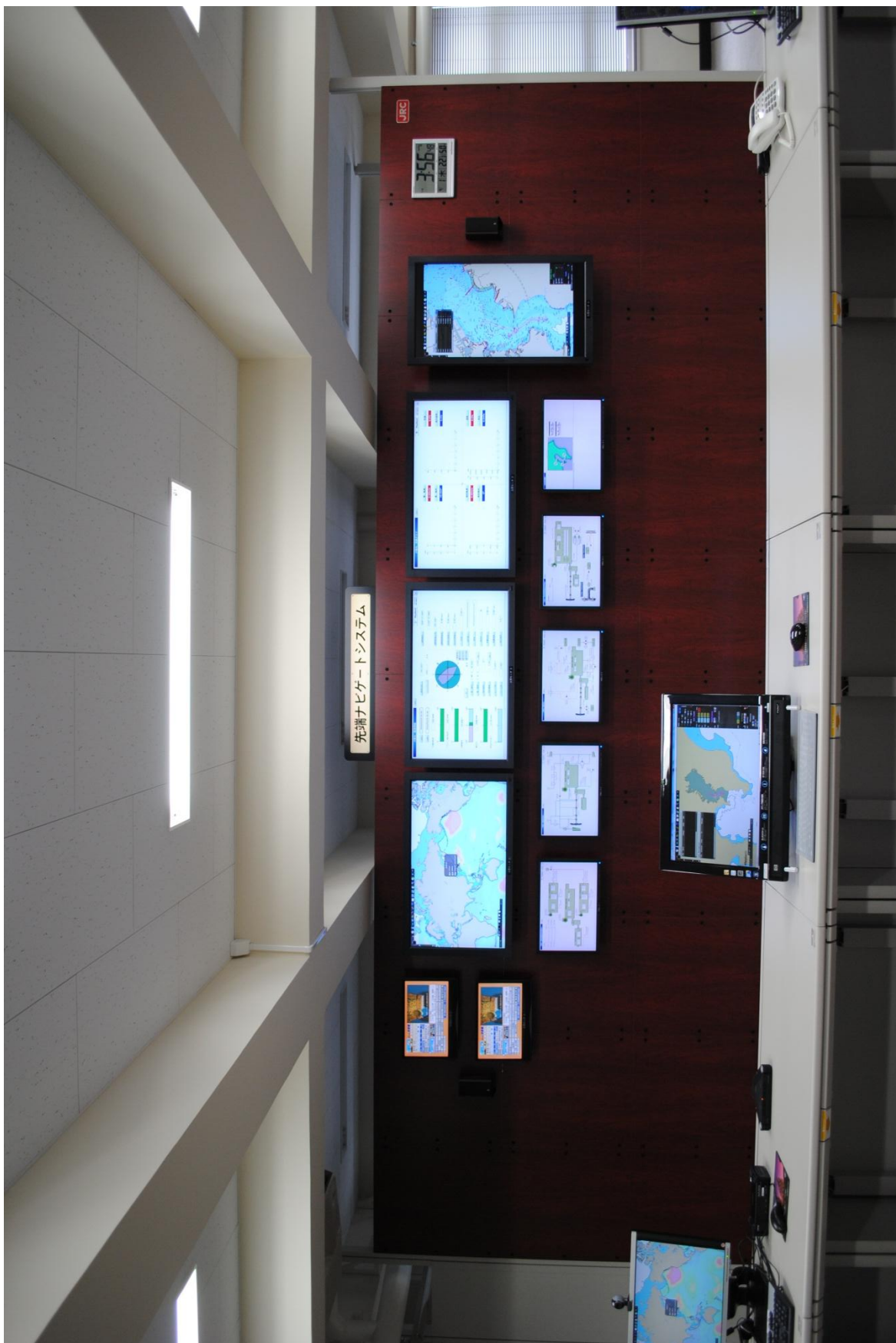


図 A.1.3 : 監視表示ステーション

### (管制制御コンソール)

図 A.1.4 は、管制制御コンソールの全体図である。

- 処理装置 (Windows XP) 1 台  
(コンソール周辺機器の操作と、監視表示ステーションのモニタの選択表示が可能。)
- モニタ (22 型) 1 台  
(監視表示ステーションの各表示処理装置と、管制制御コンソールの処理装置に KVM 経由で接続され、各装置のモニタ画面が表示可能。)
- キーボード・マウス  
(監視表示ステーションの各表示処理装置と、管制制御コンソールの処理装置に KVM 経由で接続され、各装置のキー操作、マウス操作が可能。)
- PC カメラ (TV 会議用)
- スピーカ・マイク (TV 会議用)
- 映像音声分配器  
(処理装置から出力される画像と音声を、モニタ向けと管制制御コンソール向けに分配。)
- 表示切換器 (Windows 7) 1 台  
(監視表示のモニタ選択とスピーカ選択、音声調整等をタッチパネルで行う。)
- ネットワークプリンタ  
(先端ナビで表示される情報をプリントアウトするため。)

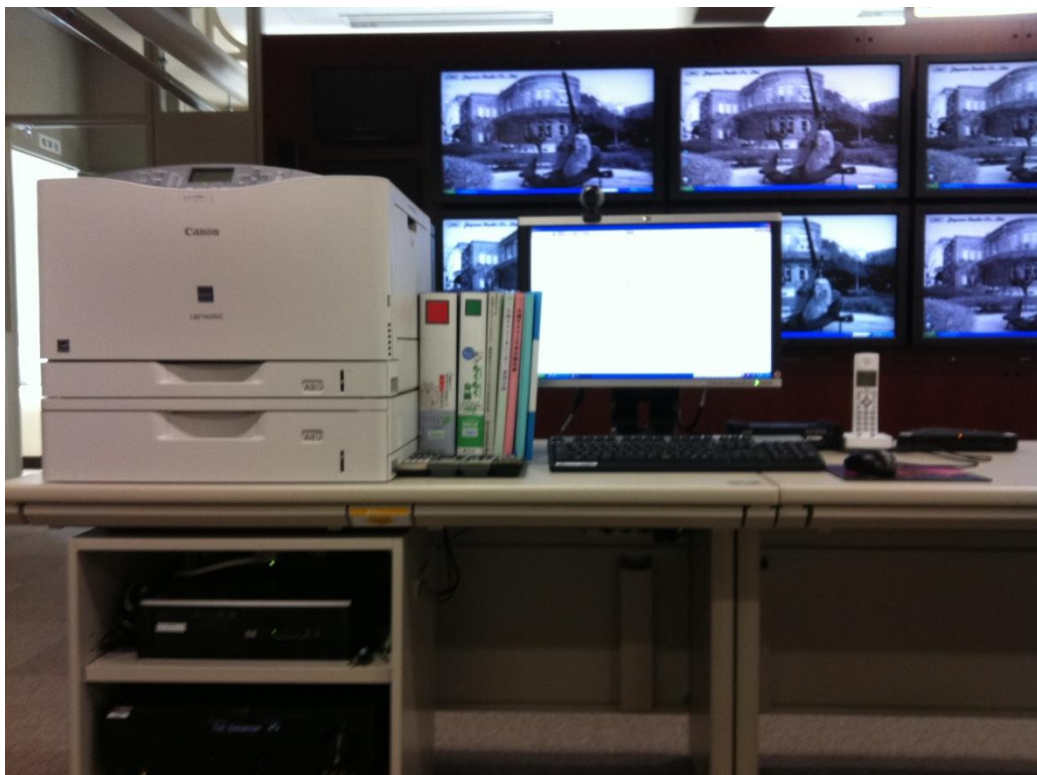


図 A.1.4 : 管制制御コンソール

### （船上模擬ステーション）

船陸間の情報共有シミュレーションを行うことが出来る。また、船上模擬ステーションにはコンソールを設置する。サーバからの各種情報提供を受け、船側で必要な情報、有効な情報提供形態などについて研究出来る。

- ・ 処理装置（Windows XP）1 台  
（船上模擬ステーションの中枢を担うものであり、各種情報表示やTV 会議ができる。）
- ・ モニタ（22 型）1 台  
（表示処理装置に接続され、画面表示が可能。）
- ・ PC カメラ（TV 会議用）
- ・ マルチメディアヘッドセット  
（TV 会議用のヘッドフォン、マイクとして処理装置に接続。）

### （運用模擬ステーション）

運航管理や船陸間の情報提供シミュレーションを行うことが出来る。また、運用模擬ステーションには、コンソールを設置する。サーバからの各種情報提供を受け、船側で必要な情報、有効な情報提供形態などについて研究出来る。

図 A.1.5 は、運用模擬ステーションの全体図である。

- ・ 処理装置（Windows XP）1 台  
（運用模擬ステーションの中枢を担うものであり、各種情報表示やTV 会議ができる。）
- ・ モニタ（22 型）1 台  
（表示処理装置に接続され、画面表示が可能。）
- ・ PC カメラ（TV 会議用）
- ・ マルチメディアヘッドセット  
（TV 会議用のヘッドフォン、マイクとして処理装置に接続。）



図 A.1.5： 運用模擬ステーション

## 【大学側設備 2：サーバ】

設置場所：東京海洋大学

GIS データ管理システムで収集される各種情報のデータベース、情報提供、表示画面、分析や解析などは、サーバ室内に設置されている先端ナビゲーションシステムサーバ架内に実装している各機器にて処理される。

### (サーバ架)

図 A.1.6 は、サーバ架の全体図である。

- ・ サーバ (Microsoft Windows Server、Linux)  
(アプリケーション、Web、ファイルなどの各種サーバ処理装置として、複数台にて構成される。また、将来の拡張性として、サーバの追加やディスク増設が可能な実装とする。)
- ・ 共有ディスク (総容量 24TB)  
(各種サーバ装置の共有ディスクとして使用される。複数サーバからの高速アクセスが行える。)
- ・ L3-SW
- ・ 保守用コンソール  
(表示操作コンソールとして KVM 経由で各サーバ装置と接続できる。保守用としてサーバ装置の動作状況表示や診断操作などが行える。)
- ・ 時刻 (NTP) サーバ  
(各サーバや先端ナビ内の実装のコンピュータにおける内臓時計の自動補正が行える。別途気象データマネジメントシステムにおける既設の NTP サーバと接続できる。)
- ・ TV 会議サーバ  
(監視表示ステーションや各模擬ステーション、外部研究機関、船舶などと TV 会議が実施出来る。)
- ・ レーダー通信監視制御装置 (Windows XP)  
(レーダー局に設置されたレーダー通信制御装置からの情報を受信できる。)
- ・ 船舶用レーダー通信監視制御装置 (Windows XP)  
(レーダー局に設置されたレーダー通信制御装置からの情報を受信できる。)
- ・ データ収集サーバ (Windows XP)
- ・ 無停電電源装置 (5kVA)  
(サーバ架の電源について、停電発生時に各種サーバ機器のシャットダウン時間を補償する。)
- ・ ネットワークスイッチ (L2-SW インテリジェント)  
(サーバ架内のネットワーク中継装置として使用)
- ・ サーバ架 (収容架)  
(サーバ室に設置する各種サーバ機器や周辺機器を収容。)



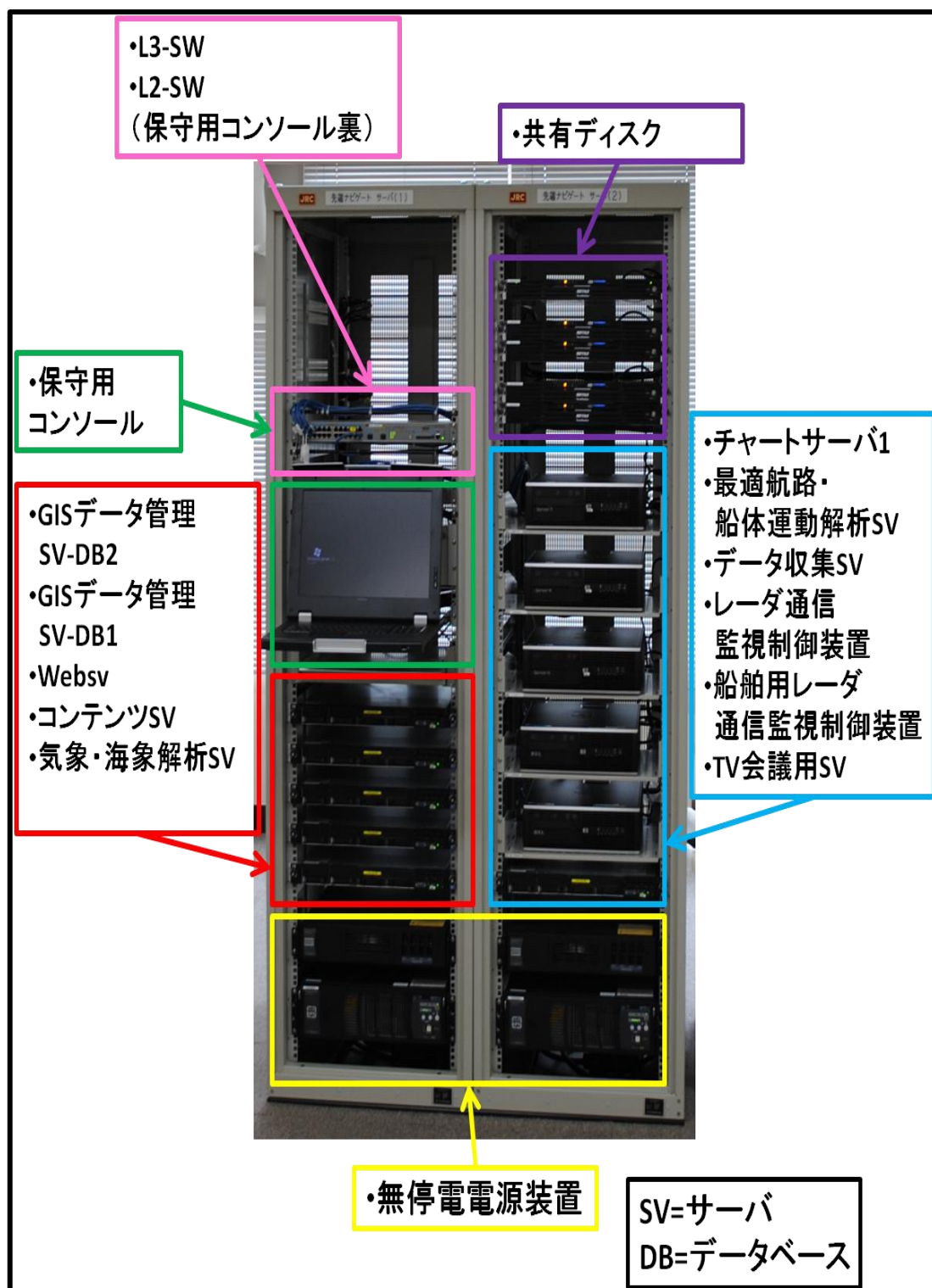


図 A.1.6 : サーバ架



### (ネットワーク構成機器)

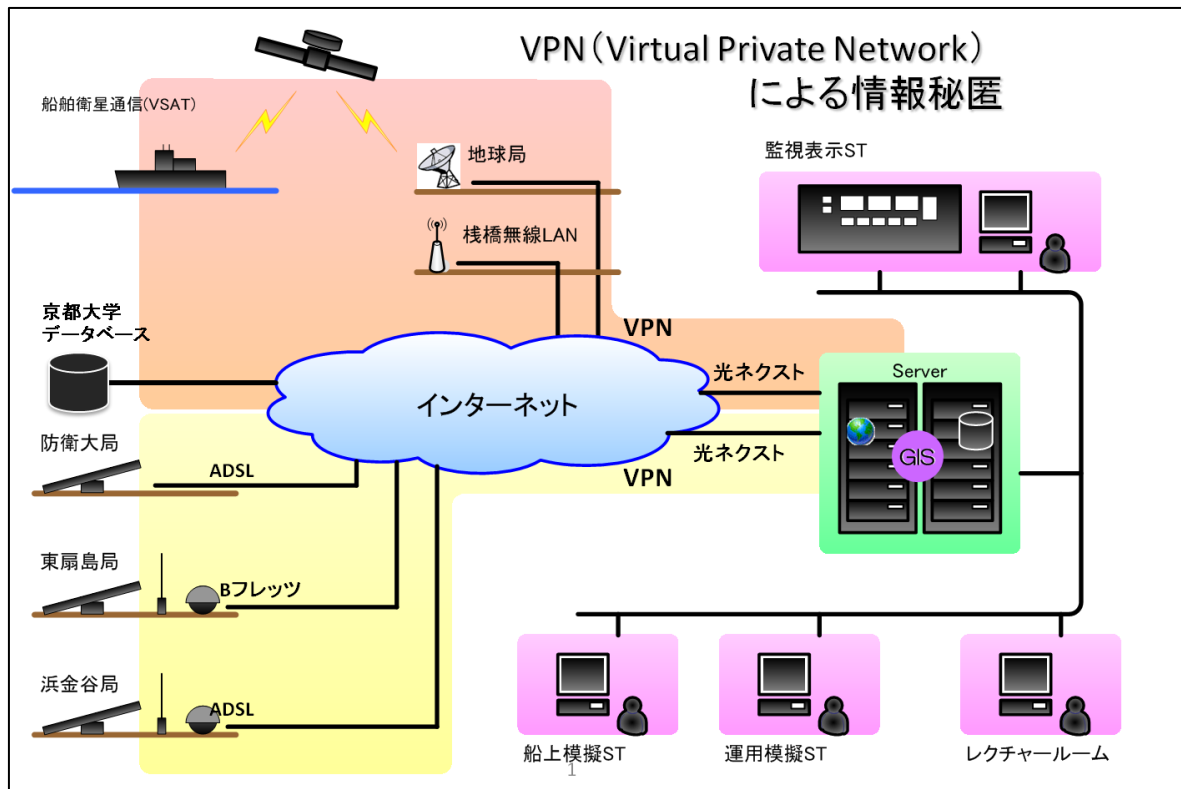
図A.1.7は、ネットワークの全体図である。

- L2-SW  
(ポート数の少ないエッジスイッチとして、管制制御コンソール、船上模擬ステーション、運用模擬ステーション、サーバ室、レクチャールームに設置)
- IP フォン  
(各室間に構築したネットワーク上で音声通話の出来る電話端末)
- L3-SW

### 【陸上レーダー局】

設置場所：城南島・東扇島・浜金谷

但し、城南島には AIS 受信機はない。



図A.1.7： ネットワーク図

(レーダー・AIS・WEBカメラ・風向風速計)

図A.1.8 から図A.1.11 は、陸上レーダー局に設置されている機器である。

- ・ レーダー空中線  
(送受信機を内部に実装したレーダー空中線)
- ・ レーダー指示器  
(表示部・処理部・操作部より構成されている。)
- ・ 整流器  
(レーダー空中線、指示器用)
- ・ 外部制御機  
(レーダー指示器電源制御)
- ・ 警光回転灯  
(赤色LED、閃光数：120/分)
- ・ AIS 受信機  
(AIS 電波を受信し、メッセージに復調する装置。)
- ・ AIS インターフェース  
(AIS 受信機の信号を RS-422 信号に変換)
- ・ 整流器  
(AIS 受信機、AIS インターフェース用)
- ・ レーダー通信制御装置  
(Windows XP・レーダー信号処理ボード・レーダー信号入力ボード)  
(レーダー信号の取込、レーダー通信制御等を行え、遠隔地にレーダー信号を伝送出来る。)
- ・ レーダー通信制御装置用本体コンピュータ  
(既設レーダー局のバックアップ用コンピュータとして使用)
- ・ VPN ルータ
- ・ UPS  
(レーダー通信制御装置、ルータの電源バックアップ)
- ・ 電源制御装置 (AC100V)
- ・ WEB カメラ (有効画素数 34 万画素)
- ・ 風向風速計  
(測定範囲：0～90m/s (風速)、0～355° (風向)、測定分解能：0.1m/s (風速)、1° (風向)、  
測定精度：±0.2m/s (風速)、±0.2%以内 (風向)、対風速：100m/s)



図 A.1.8 : レーダー空中線



図 A.1.9 : AIS 受信局



図 A.1.10 : Web カメラ



図 A.1.11 : 風向風速計

【船舶設備】

設置場所：汐路丸

図 A.1.12 は、汐路丸の船舶設備である。

(レーダー船舶局)

- 船舶用レーダー通信制御装置  
(Windows XP・レーダー信号処理ボード・レーダー信号入力ボード)

(データ収集用船舶装置：データ収集クライアント装置)

- 処理装置 (Windows XP)
- モニタ (22 型ワイド)
- PC カメラ(CMOS30 万画素)  
(TV 会議及び線内 LAN モニタ用カメラとして処理装置に接続。)
- マルチメディアヘッドセット  
(TV 会議用のヘッドフォン、マイクとして処理装置に接続。)



図 A.1.12： 汐路丸の船舶設備

### A.1.2.2 機能仕様

先端ナビのシステムは、GIS データ管理システム、GIS 重畳表示サーバシステム、監視表示システム、レーダー映像伝送表示システム、データ収集システム等から構成されている。

図 A.1.13 は、システムの全体図であり、以下でそれぞれの役割と配置場所等を説明する。

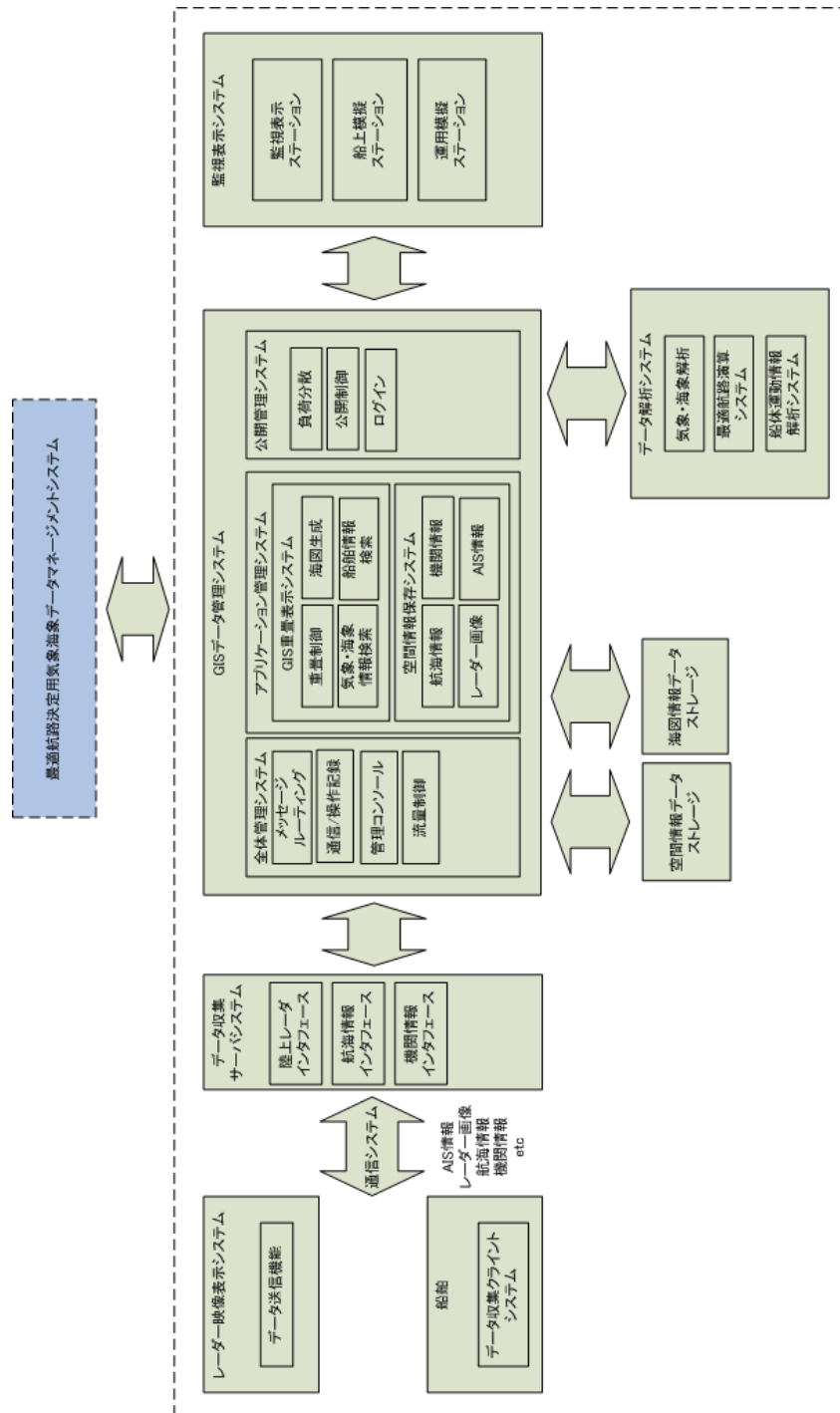


図 A.1.13： 先端ナビ機能構成図

### **(GIS データ管理システム)**

GIS データ管理システムは、サーバ室に置かれているサーバ機上に構築し、先端ナビの中核をなすものである。

このシステムは、データ収集システムとのデータ通信等を制御する全体管理システム、監視表示システムなどのクライアントシステムの要求を処理するサーバアプリケーションを管理するアプリケーション管理システム及び、クライアントシステムとの接続を管理する公開管理システム、データ収集システムによって収集されたデータを保存する空間情報データストレージ、及び、電子的に保存された海図情報を保持する海図情報データストレージから構成されている。

### **(GIS 重畳表示サーバシステム)**

GIS 重畳表示サーバシステムは、監視表示システムに表示される各種情報を生成する、サーバアプリケーション群で構成される。GIS データ管理システム上のアプリケーション管理システムに登録される各サーバアプリケーションは、機能モジュール毎にアプリケーションプログラムインターフェース (API) を持ち、監視表示システム上で入力されるユーザー操作に対応した出力データを生成できるものである。

### **(空間情報保存システム)**

システム内で扱われるデータは、通信及びファイルで提供され、空間保存システムでデータの内容を解析し、データベースやファイルとして保存する。

また、外部提供用ダウンロード機能、及び外部装置提供用の転送機能を持つ。

### **(監視表示システム)**

このシステムは、先端ナビにて収集される各種情報や分析、解析結果情報を監視表示ステーションの複数モニタに表示出来るものである。表示情報は、管制制御コンソールにて確認出来、表示モニタやスピーカへの音声出力を選択出来る。

### **(モバイルシステム)**

このシステムは、携帯電話や携帯情報端末の使用者に対する、伝達情報の内容や有効性の検証を行うことを目的としている。携帯電話、携帯情報端末からアクセスし、監視表示システムの「ログイン」、「ポータル」、「テレビ会議」、「船舶位置の簡易表示」、「航海情報表示」、「機関情報表示」、「AIS 情報一覧表示」、「地図表示」を使用出来る。



#### (レーダー映像伝送表示システム)

このシステムは、レーダー局に設置されている 9GHz 帯レーダー装置と、レーダー通信制御装置を組み合わせ、レーダー信号をサーバ架に設置したレーダー通信監視制御装置に表示し、また、データを保存する。また、レーダー局に設置した AIS 受信機のデータも先端ナビに伝送し保存できる。

さらに、船上に設置する船舶用レーダー通信制御装置により、船上の航海用レーダーの信号を先端ナビの設置監視装置に伝送し、レーダー信号の画面表示やデータを保存できる。

#### (データ収集システム)

このシステムは、研究対象となる船舶の情報を収集して、陸上に転送して GIS データ管理システムに登録することを目的とし、船内の情報を受信してデータ管理システムに登録するデータ収集サーバシステム、船上で船内の情報を収集するデータ収集クライアントシステム、及びデータを陸上に転送するためのデータ通信システムによって構成されている。

#### (データ通信システム)

データ収集を行う為に、船上のデータ収集クライアントシステムからデータ収集サーバシステムを接続することを目的としたネットワークシステムとし、データ収集クライアントシステムからインターネットを介して GIS データ管理システムに接続できるものである。また、インターネット区間は VPN を用いて接続する。

#### (データ解析システム)

このシステムは、GIS データ管理システムのデータを用いて、本システムの目的である船舶の運航支援を行う為のデータ解析が出来るものである。このシステムは、サーバ室に設置しているアプリケーションサーバ上で動作し、監視表示システムのクライアントからのリクエストを受けて、各種データ解析を行う。

##### A) 気象データ表示解析システム

空間情報保存システムに蓄積されている気象データを表示するために、データの抽出及び変換する為のシステムである。オペレータはモニタに表示された操作画面を介して、気象データの取得と参照が出来る。

##### B) 最適航路演算システム

空間情報保存システムに蓄積されている気象データを用いて、最適航路演算を行うシステムである。オペレータはモニタに表示された操作画面を介して、最適航路の問い合わせ、その演算結果を参照することが出来る。

##### C) 船体運動情報解析システム

運航支援に関する研究を行う為に必要となる、船舶の航行状態を把握する為のシステムであり、選択した船舶の船体運動の解析及び表示が出来る。

### **A.1.3 インフラストラクチャ**

#### **A.1.3.1 衛星通信**

衛星通信は、船舶と先端ナビ間の通信において用いており、海洋ブロードバンドを活用している。詳しい内容は 3.1.1 章に既述した。

#### **A.1.3.2 東京湾情報ネットワーク**

レーダー、AIS、無線 LAN ネットワークによる、東京湾の船舶の航行監視や情報収集を目的としている。船舶交通状況の自動収集と無線通信によるシームレスな高速通信を組み合わせ、効率的な船舶運航管理を実現することを目的とし、灯台に無線 LAN を設置し、灯台と船舶間における近距離ブロードバンド通信の実証実験なども行っている。

#### **A.1.3.3 東京湾リモートレーダーネットワークシステム**

東京湾リモートレーダーネットワークシステムは、本大学から城南島、東扇島、浜金谷に設置されているレーダー局をリモートコントロールし、東京湾の船舶交通観測を行う。このシステムには上記の東京湾情報ネットワークを用いている。

#### A.1.4 データ収集・内容

##### A.1.4.1 海図

###### C-MAP+ World Coverage

###### 【データ内容】

- ・ イン트라ネットにおける Web アプリケーション
- ・ 同時 6 ライセンス (アカデミックパック)
- ・ 0.005 (NM) レンジから 2000 (NM) レンジの 19 段階の拡大縮小表示
- ・ 最大 16 パターンの表示色の設定が可能

##### A.1.4.2 船舶情報

- ・ 航海情報
- ・ 機関情報

###### 【データ収集】

汐路丸より船内 LAN を用いて採取したデータを海洋 BB 経由で先端ナビのデータベースへ送信。

###### 【データ内容 (航海情報)】

付録 2 参照資料 (pp.122)

###### 【データ内容 (機関情報)】

付録 2 参照資料 (pp.124)

##### A.1.4.3 レーダー情報

- ・ 陸上局
- ・ 船舶局

###### 【データ収集 (陸上局)】

陸上局は東京湾リモートレーダーネットワークを使用して先端ナビのデータベースへ送信。

###### 【データ収集 (船舶局)】

船舶局は船内 LAN と海洋 BB を経由して先端ナビのデータベースへ送信。

###### 【データ内容 (陸上局)】

方位データを画像データの先頭に付加した、360 度全方位の JPEG または相当方式の画像。

###### 【データ内容 (船舶局)】

方位データを画像データの先頭に付加した、360 度全方位の JPEG または相当方式の画像。

#### A.1.4.4 AIS 情報

##### 【データ収集】

陸上局は東京湾リモートレーダーネットワークを使用して先端ナビのデータベースへ送信。

##### 【データ内容】

付録 2 参照資料 (pp.130)

#### A.1.4.5 気象情報

##### ・ 風向風速計

##### 【データ収集（風向風速計）】

レーダー局に設置されている風向風速計で計測され、東京湾リモートレーダーネットワークを使用して先端ナビのデータベースへ送信。

##### 【データ内容（風向風速計）】

測定範囲：0～90m/s（風速）、0～355°（風向）

##### ・ GWM

##### 【データ収集（GWM・CWM）】

気象庁が作成している数値予報 GPV（Grid Point Value）データの 1 つ「全球波浪数値予報モデル GPV（以下、このデータの事を GWM と呼ぶ）」と「沿岸波浪数値予報モデル GPV（以下、このデータの事を CWM と呼ぶ）」を使用している。この GWM は、京都大学が教育研究向けに公開しているものである。先端ナビでは、日本時間の 2 時、8 時、14 時、20 時の計 4 回、京都大学のサーバからインターネット経由で、バイナリデータを取得している。

##### 【データ内容（GWM データ・CWM データ）】

全球規模（但し、65 度以上の高緯度は除く）で、GWM データは、等緯度等緯度 0.5 度×0.5 度、CWM データは、等緯度等緯度 0.05 度×0.05 度の格子系のデータが収まっている。データ内容は以下の通りである。

- ・ 海上風（高さ 10m）：海上風ベクトル（東西成分、南北成分）（m/s）
- ・ 波浪：波高（m）、波周期（秒）、波向ベクトル（東西成分、南北成分）（m/s）
- ・ 海上気圧（1000hPa もしくは海面 10m）
- ・ 上層気圧（500hPa）

#### A.1.4.6 Web カメラ

##### ・ 陸上局

##### ・ 船舶局

##### 【データ収集（陸上局）】

東京湾リモートレーダーネットワークシステムを使用。

##### 【データ収集（船舶局）】

海洋 BB を使用。

##### 【データ内容（陸上局）】

有効画素数 34 万画素の画像。

##### 【データ内容（船舶局）】

CMOS30 万画素の画像。

## A.1.5 表示方法

ここでは、3章で述べた海洋 GIS 以外の表示方法について述べる。

### A.1.5.1 船舶情報

汐路丸から、海洋 BB を経由して送信されてくる航海情報と機関情報は、船舶情報用の画面にて以下のように分けて表示されている。

- ・ 汐路丸航海情報 (図 A.1.14 においてリアルタイム画面、図 A.1.15 でプレイバック画面を示す)
- ・ 汐路丸 Maneuvering Condition (図 A.1.16 においてリアルタイム画面を示す)
- ・ 汐路丸 Generator Condition (図 A.1.17 においてリアルタイム画面を示す)
- ・ 汐路丸 Water Line (図 A.1.18 においてリアルタイム画面を示す)
- ・ 汐路丸 Oil Line (図 A.1.19 においてリアルタイム画面を示す)

それぞれの画面において、例えば航海情報画面の風速や CPP 翼角など、テキスト表示以外の一部分においてはアニメーション表示が用いられており、リアルタイムに状態を視覚的に把握することが出来る。

またプレイバック機能にも対応しており、汐路丸が運用されていた日の航海情報等を振り返って確認することが可能となっている。

リアルタイム画面とプレイバック画面の区別は、図 3.26・図 3.27 の※1 の部分にて行う。リアルタイムにおいては、「Real Time」と現在の日付と時刻を表示し、プレイバックにおいては、「Play Back」とプレイバックを行っている日付と時刻を表示している。

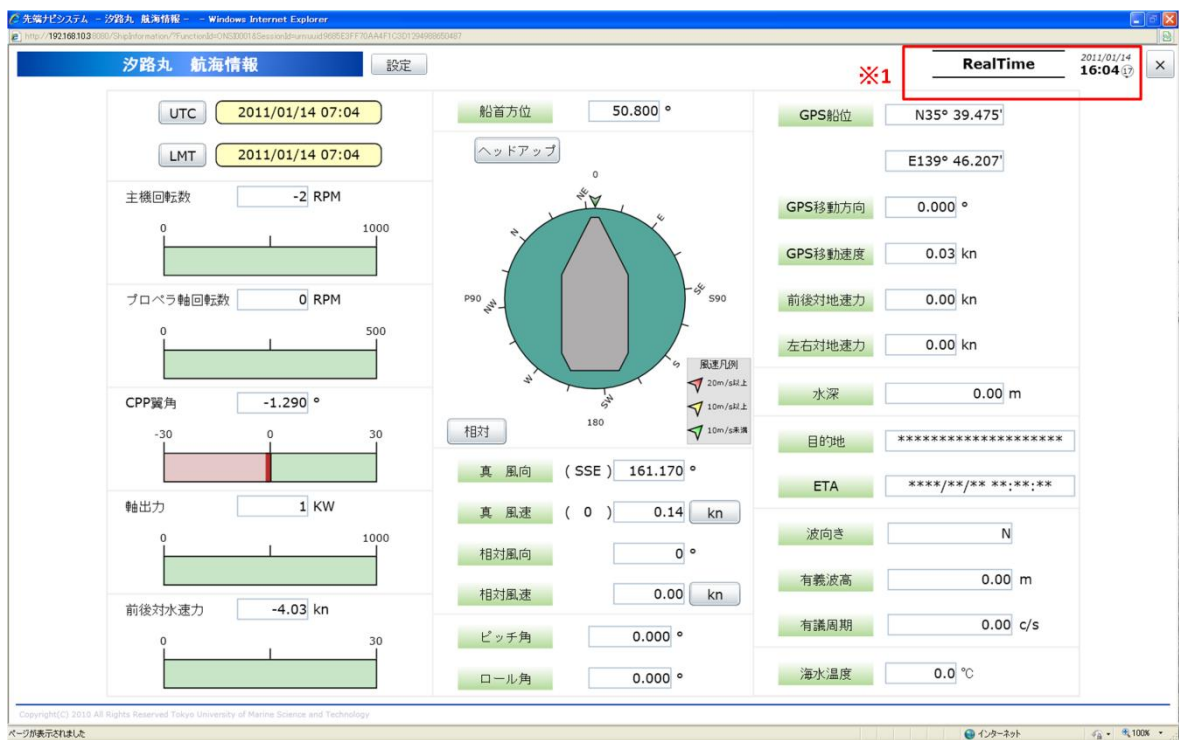


図 A.1.14： リアルタイムの航海情報

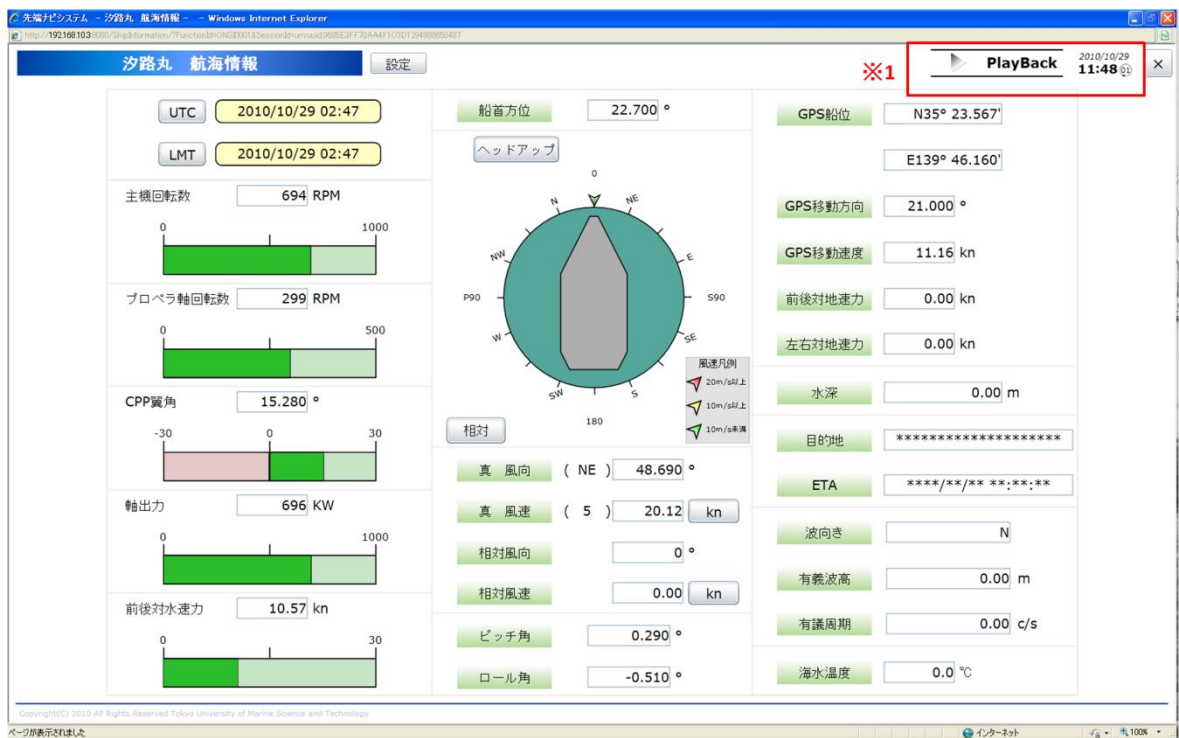
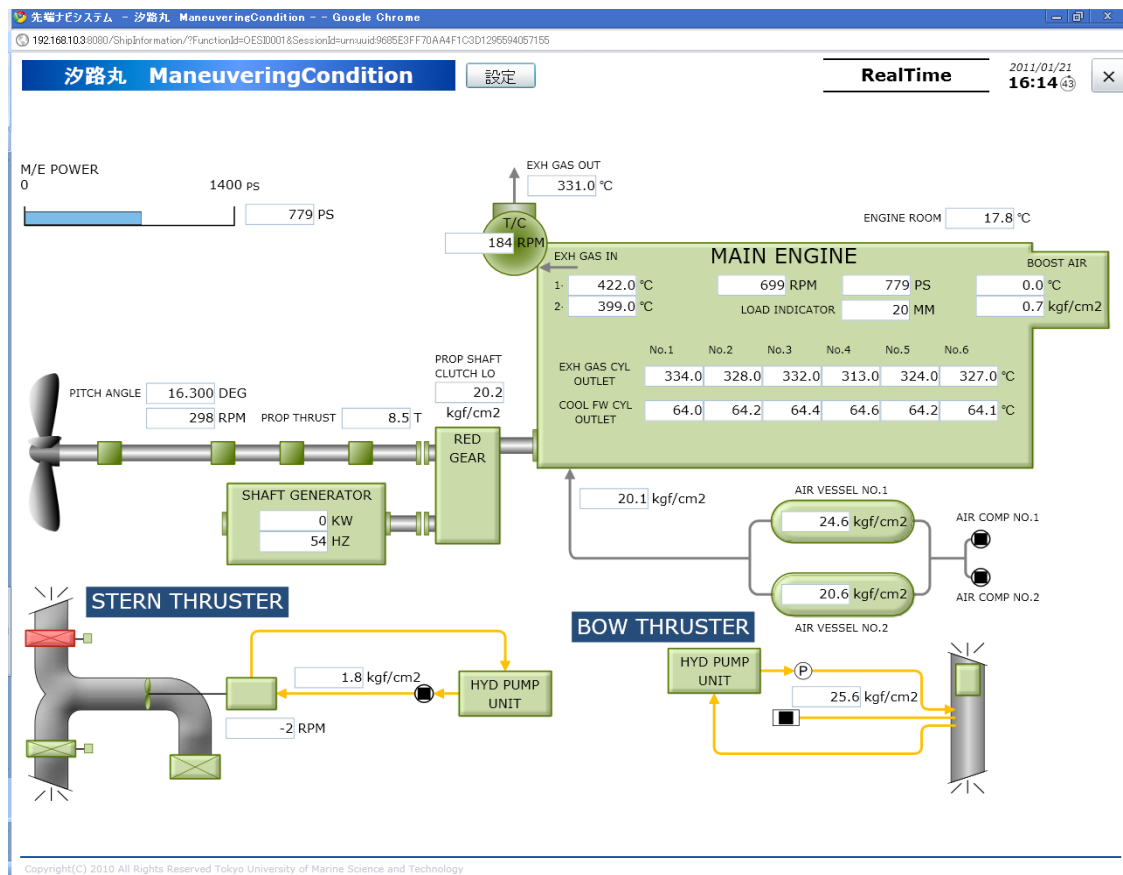
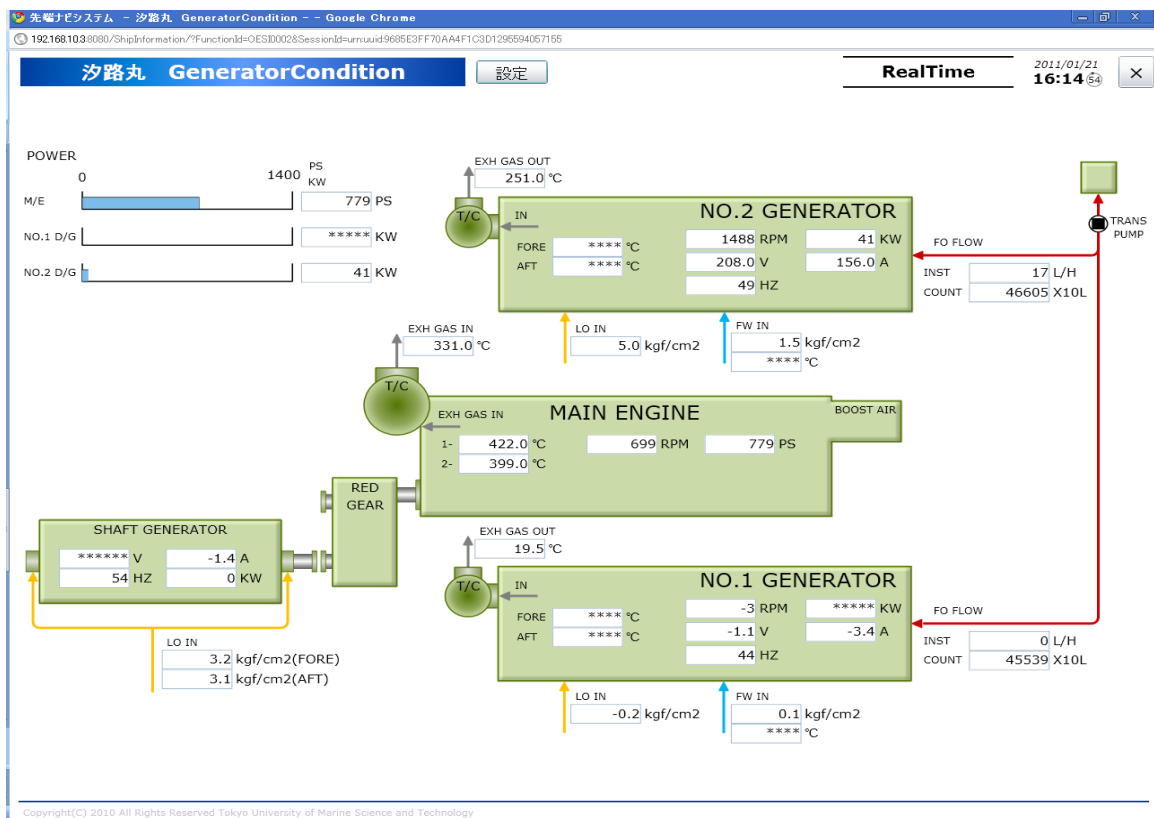


図 A.1.15： プレイバック画面の航海情報

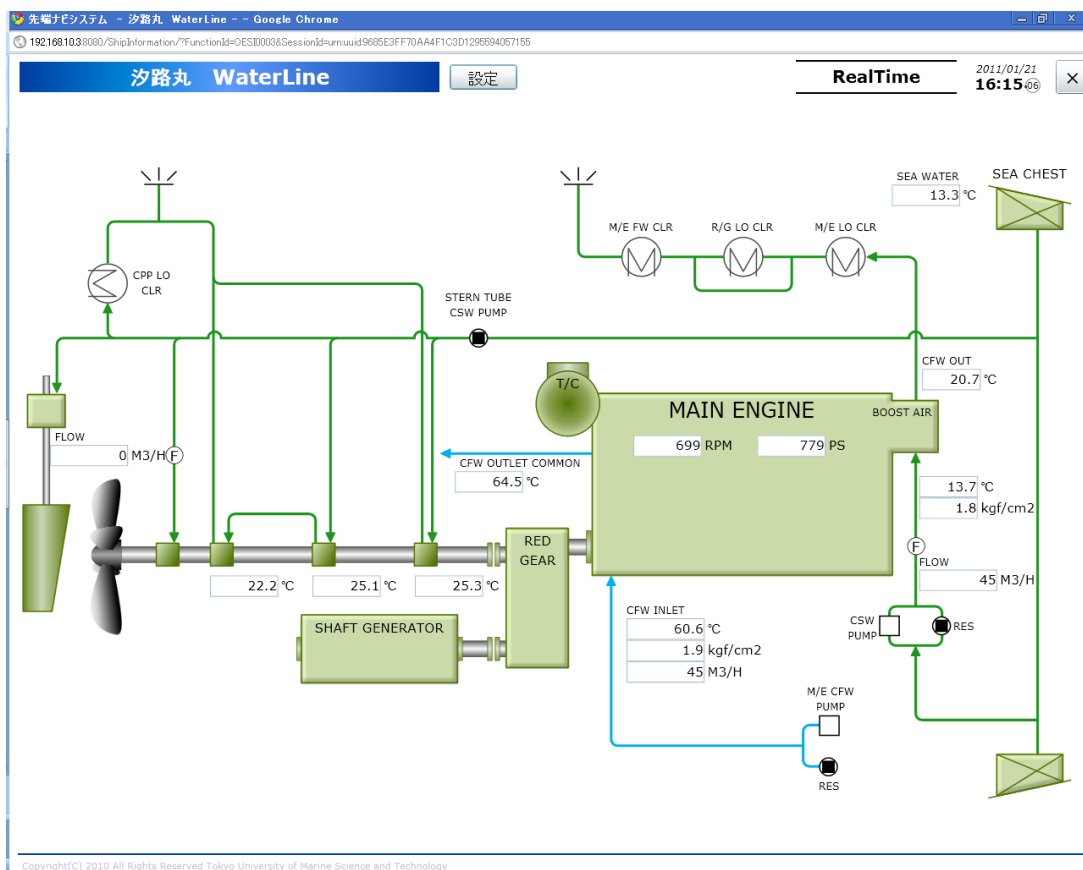




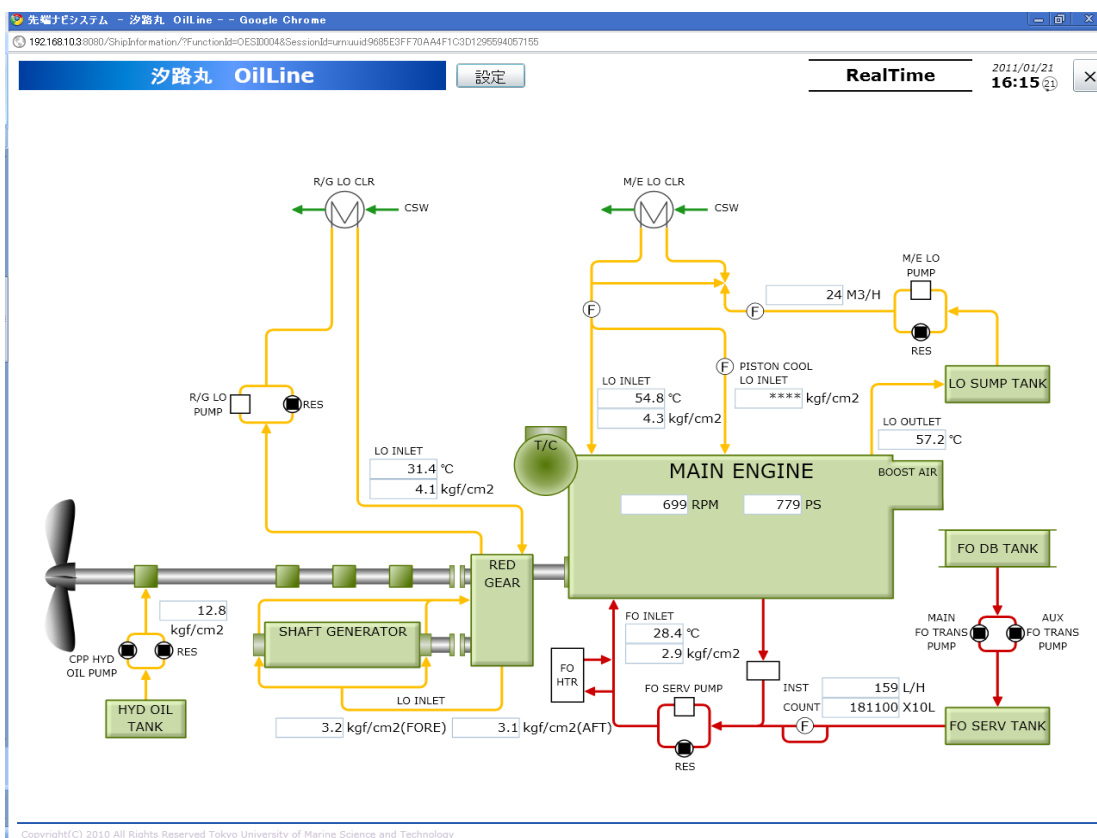
図A.1.16：リアルタイムのManeuvering Condition



図A.1.17：リアルタイムのGenerator Condition



図A.1.18：リアルタイムのWater Line



図A.1.19：リアルタイムのOil Line

#### A.1.5.2 その他

##### 【Web カメラ】

設置されている大型モニタ 1 台と、専用ソフト「Web View Livescope」を使用して、常時複数ヶ所のモニタリングが可能である。

図 A.1.20 から図 A.1.22 においては、3 局あるレーダー局から見える、それぞれの映像を示す。

##### 【テレビ（デジタル放送）】

設置されている小型モニタ 2 台を使用し、テレビの映像画面と、データ放送で流れている気象情報（気象レーダー、風と波の 2 種類）を常時表示させている。

図 A.1.23 において気象レーダー、図 A.1.24 において風と波表示画面を示す。



図 A.1.20 : 浜金谷から見た映像



図 A.1.21 : 城南島から見た映像



図 A.1.22 : 東扇島から見た映像





図 A.1.23： NHK 気象レーダー情報

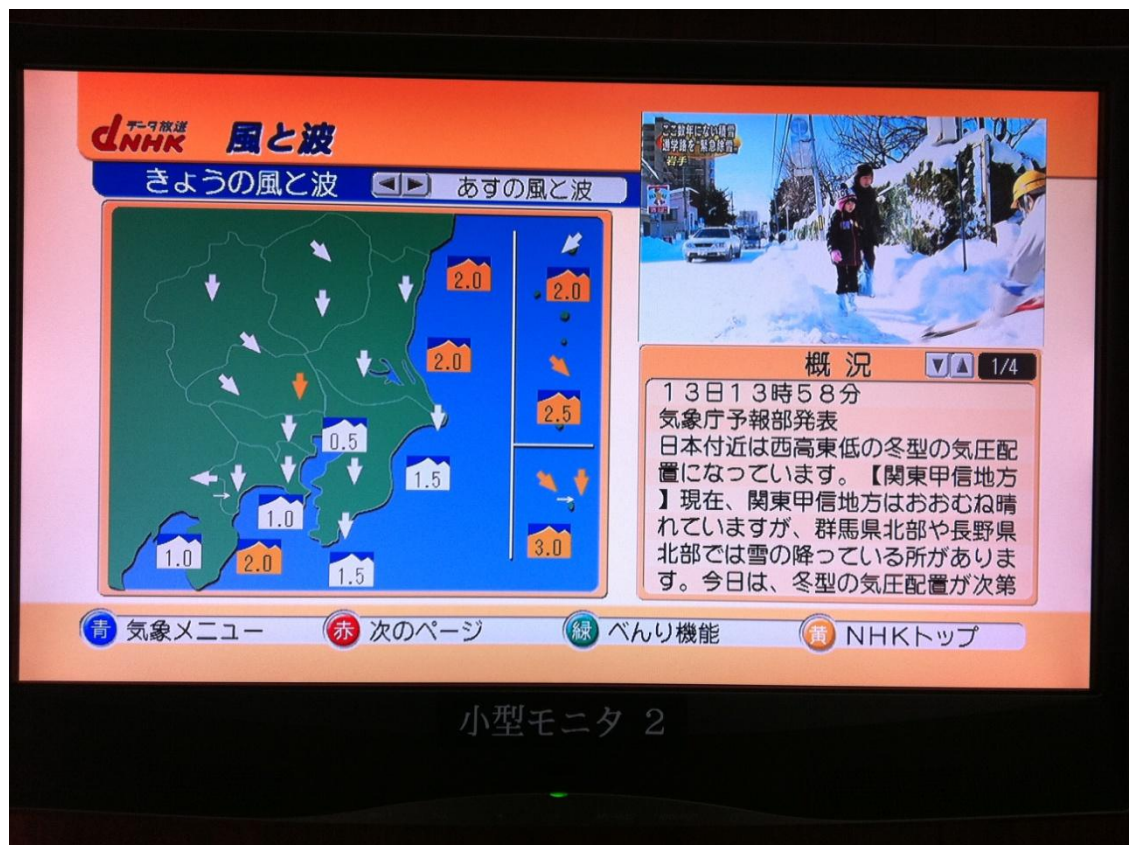


図 A.1.24： NHK 風と波情報

## A.1.6 運用

### A.1.6.1 汐路丸

汐路丸が実験等で運航されているときは、A1.3 章で既述した通り、海洋 BB を経由して先端ナビのサーバへデータを送信している。

また、先端ナビと汐路丸との間では、双方向通信が可能である。さらに、先端ナビには、TV 会議の機能が搭載され、IP 電話も設置されている。それらを使用することで、以下のことを行っている。

- ・ 遠隔授業
- ・ 実験補助
- ・ TV 会議（図 A.1.26 で示す）
- ・ 搭載されている Web カメラを使用しての、付近を航行する船舶の監視（図 A.1.27 で示す）
- ・ 航海情報や機関情報を用いた運航のモニタリング
- ・ 汐路丸の動静確認（図 A.1.28 で示す）

以前の汐路丸での実験航海では、離岸すると外部との通信を行いにくく、実験最中に行う大学や研究室との連絡は携帯電話が主であった。しかし、上記の機能を使用することで、汐路丸の運航状態を大学側でも確認することができ、実験で取得したデータをメールなどで送信し、確認してもらうことも可能である。さらに TV 会議の機能を使うことで、顔と顔を合わせて送信した実験の内容に対して話し合うことが出来るようになり、遠隔医療の研究等（図 A.1.25）多くの実験・研究が行える。



図 A.1.25：遠隔医療



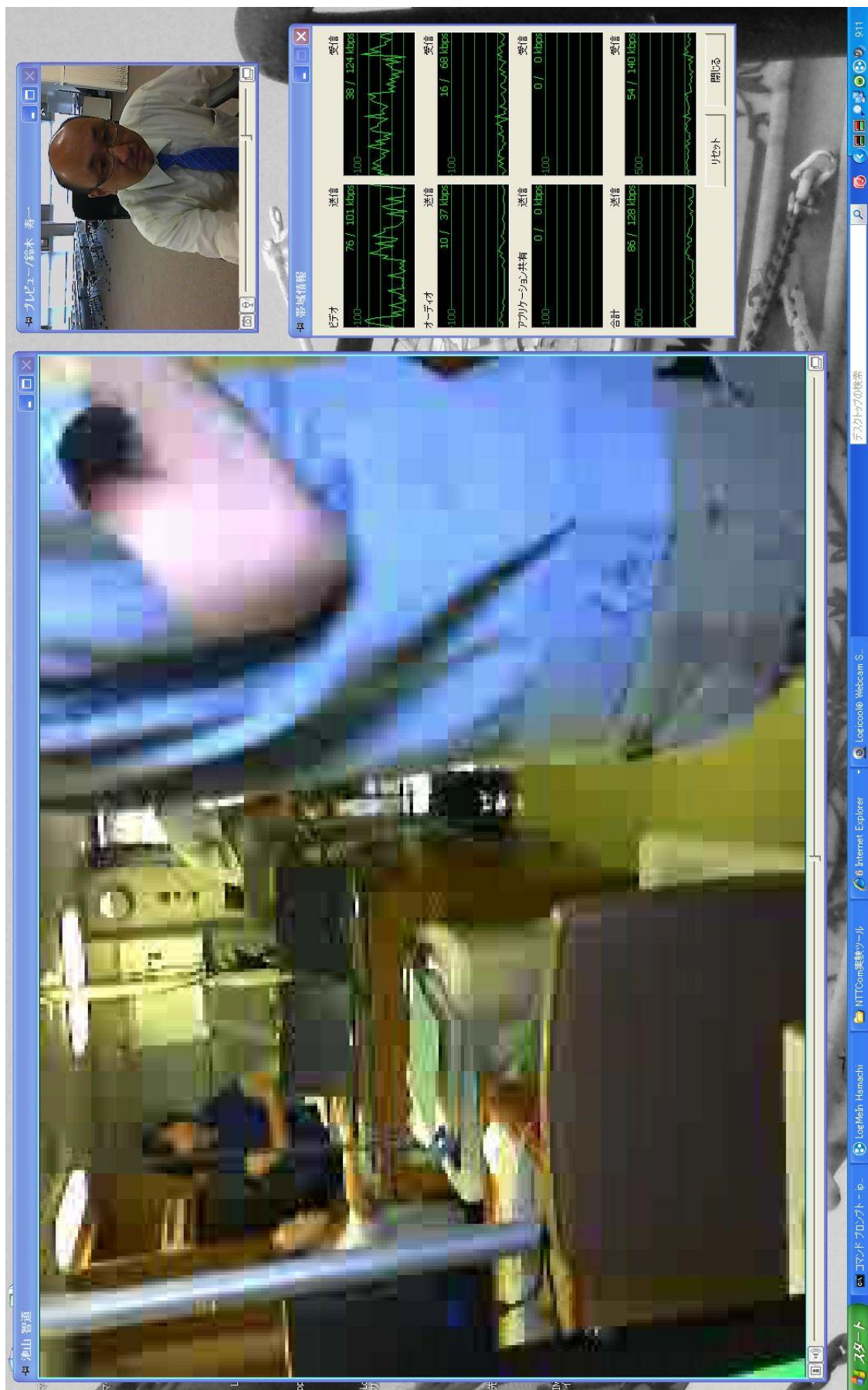


図 A.1.26 : 汐路丸・先端ナビ間での TV 会議



図 A.1.27 : 汐路丸からの web カメラ映像



図 A.1.28 : 浜金谷から撮影した汐路丸

#### A.1.6.2 事故調査

ここでは、平成22年8月2日に発生したY丸の座礁事故を例に取り上げる。

Y丸にはAISが設置されていた為、当日のAISデータよりY丸の航跡を辿ることが出来た。そこで、この事故調査に合わせて航跡を書く為のソフトウェアを開発し、先端ナビにおいて、事故前後の航跡を表示させることにした。

図A.1.29は、Y丸の航跡図を示す。

また、図A.1.30ではY丸の航跡と事故当日の気象を重畳させた図を示す。

図A.1.29の緑と黄の航跡が、東京から富浦沖までの航跡であり、赤と黄の航跡が、富浦沖からの航跡である。赤色と黄色の航跡を見ると、Y丸が、富浦沖灯浮標の東南東方向から灯標に向けて航行中、灯標手前の浅瀬にて座礁したことがよく分かる。

また、同時にプレイバック機能を使用することで、図A.1.30の様に、事故当時の気象海象も合わせてみる事が出来た。

このように、AISを設置している船舶が事故を起こした際に、当時の気象海象条件も含めた事故調査が出来る。また、最近の先端ナビの改修で、レーダー情報の保存とプレイバックも出来るようになった。これにより、AISを搭載していない漁船などが、周囲にいたかなども確認することが可能となり、より効果的な事故調査が可能となった。



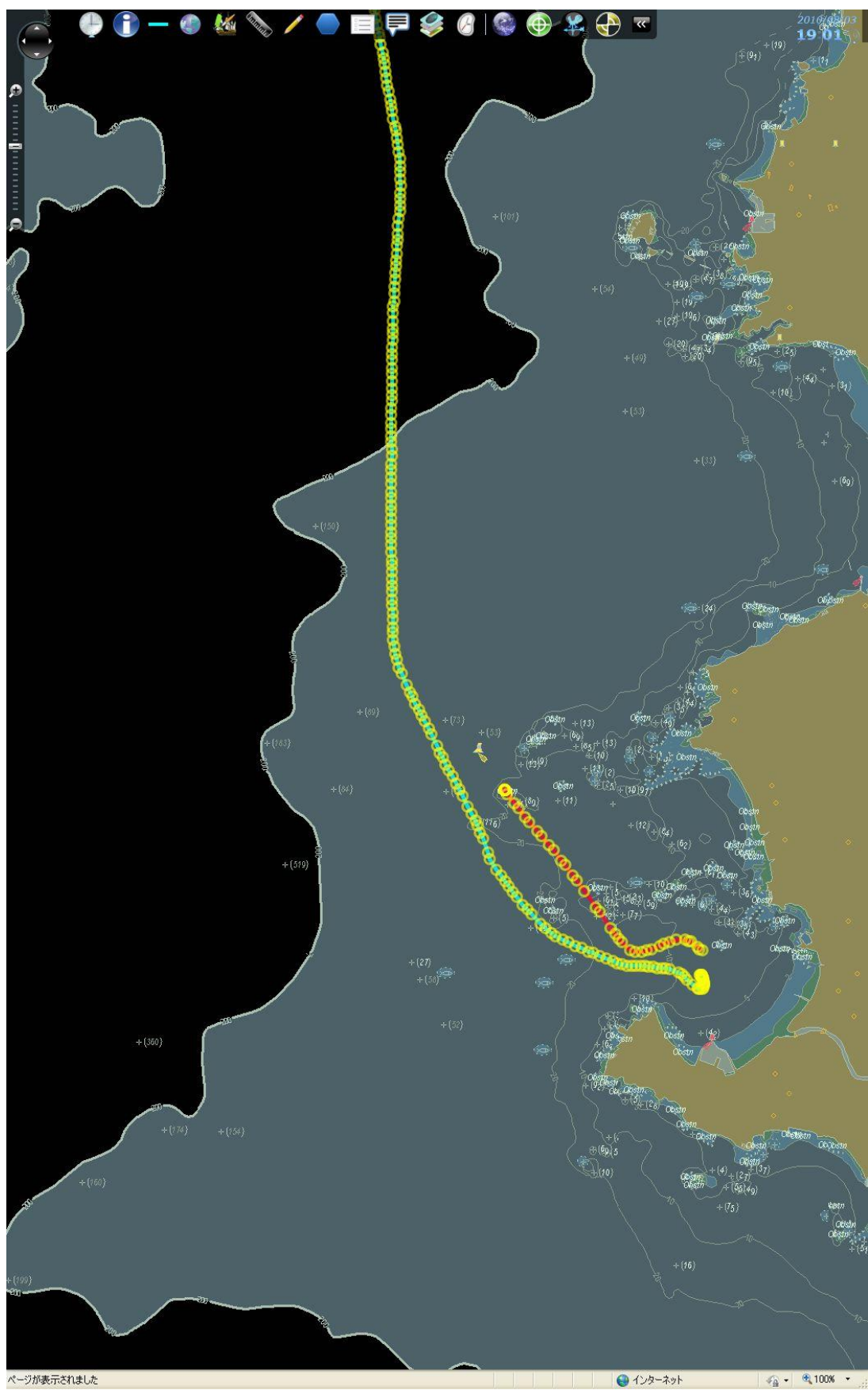


図 A.1.29 : Y 丸の航跡図

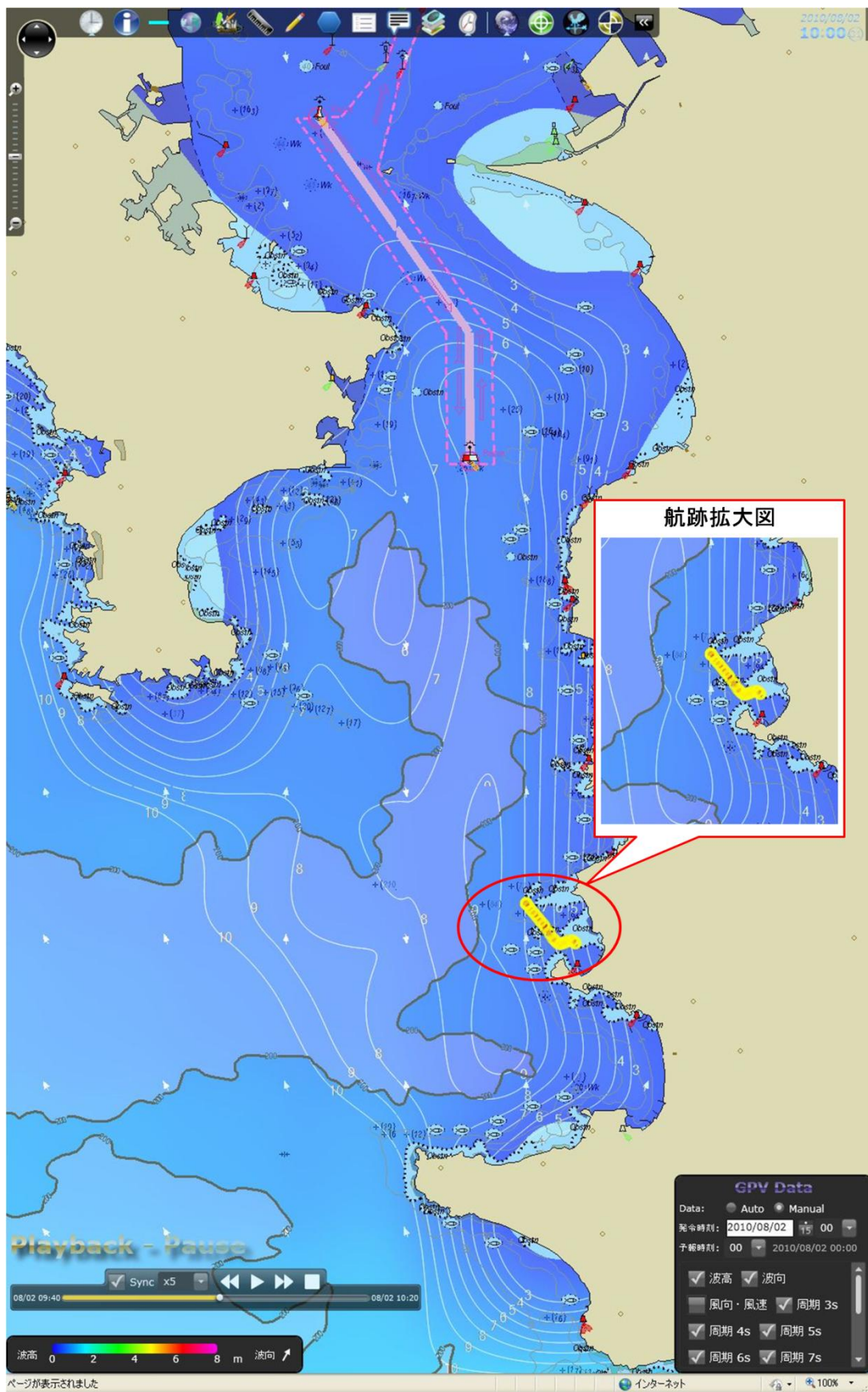


図 A.1.30 : Y 丸の航跡図と当時の気象海象



## **A.1.7 改修**

### **A.1.7.1 平成 22 年 12 月 22 日の改修について**

平成 22 年 12 月 22 日にソフトウェア及びハードウェアの改修工事を行った。以下に行った改修を記述する。

改修後の監視表示ステーションの全体図を図 A.1.31 で、改修後のサーバ架を図 A.1.32 でそれぞれ示す。

#### **【ハードウェア】**

- ・ 中型モニタ 5 台の撤去
- ・ 大型モニタ 4 台の設置
- ・ 縦型用 100 型モニタの設置
- ・ チャートサーバ 1 台の増設
- ・ サーバ 1 台の増設 (2 重化)

#### **【ソフトウェア】**

- ・ チャート描画の負荷分散のため、チャートサーバを 2 重化した。それに伴い、ソフトウェアの改修も行った。



図 A.1.31 : 改修後全体図

- 空きサーバ
- チャートサーバ2



図 A.1.32 : 改修後のサーバ

## A.1.8 運用実績・評価

### A.1.8.1 視察

平成 22 年 4 月 1 日の運用開始以降、多くの方々に視察・評価して頂いた。視察者・団体名、そして評価をそれぞれ抜粋して下記に記述する。

視察風景を図 A.1.33 と図 A.1.34 で示す。

#### 【視察者・団体名】（日付順）

- ・ JRC 見学会
- ・ 海洋ブロードバンド研究会
- ・ 学内見学会
- ・ 航海学会 海上交通工学研究会
- ・ ASEAN 諸国の船員行政担当官・船員教育機関教官等
- ・ ベトナム海洋警察
- ・ ユルドゥズ工科大学（トルコ共和国）
- ・ はこだて未来大学
- ・ 電波航法研究会
- ・ IT プロジェクトワークショップ
- ・ 文部科学大臣 高木善明
- ・ UJNR（天然資源の開発利用に関する日米会議）・NOAA（アメリカ海洋大気圏局）

その他オープンキャンパス等で高校生や一般の方々、模擬授業において学部生にも見学して頂いた。

#### 【評価】

- ・ AIS の表示させ方がとても興味深い。
- ・ 陸上のレーダー局と船舶のレーダーを重畳して表示しているのはすごい。
- ・ AIS テキストメッセージが存在するのをこのシステムで初めて知った。
- ・ 交通量調査を行い、海図に記載されている深度が正しいかなどを確認してみたい。
- ・ 新人教育や共同研究などで協力していきたい。
- ・ 今後このシステムを使用して何を研究し解析するかがとても重要だ。
- ・ 収集した様々な情報をいかに使うかが重要だ。
- ・ 東京湾リモートレーダーネットワークで使用している船用レーダーは民間では陸上で使えないのではないかな？
- ・ 日本も海外の様に AIS の規制を無くし、このようなシステムに使いやすくするべき。
- ・ 今までバラバラに表示していたものを 1 つに集めたただけだ。

他にも多くのご意見・評価を頂いたが、その中でも多かった物は、「このアイデアを取り入れたい」、「得た情報をいかに使用して解析していくかが今後のポイント」、「共同で何か研究などを行いたい」だった。中には厳しいご指摘等も頂いたが、様々なアイデア、アドバイスも頂くことが出来た。今後は頂いたご指摘とアイデア、アドバイスを活かして、先端ナビを発展させていきたい。





図 A.1.33：視察風景 1



図 A.1.34：視察風景 2

### A.1.9 今後の発展について

6 章の「結論と展望」で述べた通り、今回の研究は先端ナビの更なる発展に向けた 1 つの土台である。今後、先端ナビを用いた研究や、今回の SJ 値を用いた危険船表示プログラムの改良を行っていく中で、考えられる改良点を以下に記述する。

#### 【先端ナビ】

- ・ 避航船、保持船関係の表示
- ・ レーダー情報を用いた衝突危険度の解析
- ・ バンパーモデルを用いた衝突危険度の解析
- ・ AIS 情報を使用したリアルタイムの航跡表示
- ・ 航海計画作成用画面
- ・ 航跡を解析することでの通航可能海域の調査
- ・ 更なるユーザーインターフェースの向上
- ・ 先端ナビを使用した海上交通管制・航行安全のために必要となる情報の提供方法の研究
- ・ VHF との連動表示

#### 【SJ 値】

- ・ 管理している船舶に焦点を当てて危険度を把握できるように、SJ 値計算において計算対象船を指定出来るようにする
- ・ 計算式において、現在は船長をパラメータに入れているが、船長に総トン数を掛けたものを使用する
- ・ 「大型船」対「小型船」よりも、大型船同士の見合い関係の方が危険度は高い。そこで、計算対象を船種で指定出来るようにする
- ・ 交通量は曜日により異なることが多い。そこで、長期のデータ解析を行い、曜日や季節別の解析を行う
- ・ 現在は SJ 値の数値のみを結果として、アイコンを用いて表示しているが、見合い関係も合わせて表示する
- ・ SJ 値の累積計算回数と、危険数値を記録できるようにし、一定以上の数値で危険船と指定出来るようにする
- ・ プレイバック機能に対応させる



上記以外にも先端ナビの改良点は多くある。また、様々な視点から見ることで見えてくる部分もあると思われる。そこで、多くの方々に視察して頂き、より多くの意見を取り入れることが先端ナビの開発・発展には必要不可欠であり、近道であると考えている。

また、A1.1 章で既述したように、陸上面では「高度な情報と技術を活用することでの運行支援技術の向上」、海上面では「情報技術を活用した船陸間の円滑な情報交換」、「高度な技術を活用した次世代の船舶運航及びサービスの提供」、研究面では「遠隔医療・診療支援システムの開発」、「衝突・座礁回避システムの開発」など、様々な効果も期待されている。これらを1つ1つ取り組み、解決・開発していくには、それなりの労力と時間が必要となってくる。

そこで、先端ナビを今後発展させていく中で必要となってくるのが「グランドデザイン」である。ただ計画するのではなく、細かな短期・中期の計画を基にし、また、船用機器の発展に対応出来るだけの柔軟性も持ち合わせたグランドデザインでなければならない。なぜならば近年、船用機器のデジタル化は日進月歩であり、さらに通信機器の性能と通信速度も向上している。これらの船用機器に対応出来なければ、様々な情報を取得出来なくなる恐れがあり、先端ナビが役割を失うことも考えられる。また、海上面で期待されている効果の1つである「日本人船員が高度な知識と情報技術を取得したことでの他国船員との差別化」の効果も薄れてくる恐れがあるからである。

次に必要なものは、「プログラムのオープン化・汎用性」である。先端ナビは、システムの全体にブラックボックスがなく、誰でもシステムの開発に携われるようにシステムがオープンになっている。このことを活用するためにも、先端ナビを用いて行われる研究やプログラムは、なるべくオープンにし、また汎用性を高めたプログラムを作るべきだと思われる。なぜならば、今後多くの研究者、学生が先端ナビに関わると思われるが、皆が皆基礎からプログラムを作成するのでは、労力と時間の無駄であり、システムの発展も遅くなるからである。そこで作成したプログラムをなるべくオープンにし、また、汎用性を高めることでプログラムの作成時間が短くなり、結果として新規プログラムを作りやすい環境を整えることにもなる。また、新規のプログラムが多く作られることで、システム開発に対するより多くのフィードバックも得られることになり、全体的にプログラム作成とシステム開発がスムーズに進むと考えられる。

先端ナビの新規システムを開発するにあたり、一筋縄ではいかない面も多々あると思われるが、この論文を叩き台にし、システム開発を進めていただければ幸いである。

## 付録2 参照資料

ここでは、先端ナビのデータベースに保存されているデータの中で、本文中に別紙参照とした「航海情報」、「機関情報」、「AIS 情報」の一覧を示す。データは以下のとおりである。

### 【航海情報】

No.	項目名称	項目名称
1	船舶 ID	vessel_id
2	日付 (世界)	current_w_dt
3	時刻 (世界)	current_w_tm
4	日時 Timestamp (世界)	current_w_ts
5	日付 (船内)	current_s_dt
6	時刻 (船内)	current_s_tm
7	日時 Timestamp (船内)	current_s_ts
8	船首方位	vsl_heading_dg
9	回頭角速度	vsl_angular_velocity_dgs
10	緯度	vsl_lat_dg
11	経度	vsl_lon_dg
12	GPS 高度	gps_height_m
13	GPS 移動速度	gps_speed_ms
14	GPS 移動方向	gps_direction_dg
15	測位状態 (DOP 値)	dop_num
16	測位使用衛星数	satellite_num
17	前後対水速力	fr_opposite_water_speed_ms
18	左右対水速力	rl_opposite_water_speed_ms
19	前後対地速力	fr_opposite_ground_speed_ms
20	左右対地速力	rl_opposite_ground_speed_ms
21	深度	depth_m
22	相対風向	relative_wind_direction_dg
23	相対風速	relative_wind_velocity_ms
24	真風向	real_wind_direction_dg
25	真風速	real_wind_velocity_ms
26	有義波高	wave_height_m
27	有義周期	wave_cycle_sec
28	波向き	wave_direction_dg

No.	項目名称	項目名称
29	気圧	pressure_hpa
30	気温	air_temperature_c
31	湿度	humidity_per
32	海水温度	water_temperature_c
33	舵角 1 応答値	rudder_angle_1_reply_dg
34	舵角 2 応答値	rudder_angle_2_reply_dg
35	スラスト 1 応答値	thruster_1_reply_dg
36	スラスト 2 応答値	thruster_2_reply_dg
37	CPP1 翼角応答値	cpp_pitch_1_reply_dg
38	CPP2 翼角応答値	cpp_pitch_2_reply_dg
39	軸回転数－1	shaft_revolution_1_rpm
40	軸回転数－2	shaft_revolution_2_rpm
41	軸馬力－1	shaft_1_kw
42	軸馬力－2	shaft_2_kw
43	主機回転数－1	me_revolution_1_rpm
44	主機回転数－2	me_revolution_2_rpm
45	Roll 角	roll_angle_dg
46	Pitch 角	pitch_angle_dg
47	Yaw 角	yaw_angle_dg
48	前後加速度	fr_acceleration_mss
49	左右加速度	rl_acceleration_mss
50	上下加速度	ud_acceleration_mss
51	Roll 角速度	roll_angular_velocity_dgs
52	Pitch 角速度	pitch_angular_velocity_dgs
53	Yaw 角速度	yaw_angular_velocity_dgs
54	航走距離	navi_distance_m
55	登録担当者	rgst_usr
56	登録日	rgst_dt
57	登録時間	rgst_tm
58	更新担当者	updt_usr
59	更新日	updt_dt
60	更新時間	updt_tm

【機関情報】

No.	項目名称	項目名称
1	船舶 ID	vessel_id
2	日付(世界)	current_w_dt
3	時刻(世界)	current_w_tm
4	日時 Timestamp(世界)	current_w_ts
5	機関室温度	engine_room_temp_c
6	海水温度	sea_water_temp_c
7	主機冷却海水入口圧力	me_csw_inlet_press_mpa
8	セントラル冷却清水ポンプ 出口圧力	me_cfw_pump_out_press_mpa
9	主機冷却海水流量	me_csw_flow_l
10	主軸回転数 (S H)	shaft_revolution_rpm
11	主機回転数	me_revolution_rpm
12	主機積算回転数	me_rev_cnt
13	主機軸馬力	shaft_horse_power_kw
14	主機軸トルク	shaft_torque_knm
15	主機軸スラスト	propeller_thrust_kn
16	主機燃料油ポンプマーク	me_pump_mark_num
17	主機過給機回転数	tc_revolution_rpm
18	主機掃気空気冷却器入口温度	me_boost_air_in_temp_c
19	主機掃気空気冷却器出口温度	me_boost_air_out_temp_c
20	主機排ガスシリンダ 1 出口温度	me_ext_gas_1_cyl_out_temp_c
21	主機排ガスシリンダ 2 出口温度	me_ext_gas_2_cyl_out_temp_c
22	主機排ガスシリンダ 3 出口温度	me_ext_gas_3_cyl_out_temp_c
23	主機排ガスシリンダ 4 出口温度	me_ext_gas_4_cyl_out_temp_c
24	主機排ガスシリンダ 5 出口温度	me_ext_gas_5_cyl_out_temp_c
25	主機排ガスシリンダ 6 出口温度	me_ext_gas_6_cyl_out_temp_c
26	主機排ガスシリンダ 7 出口温度	me_ext_gas_7_cyl_out_temp_c
27	主機排ガスシリンダ平均温度	me_ext_gas_mean_temp_c
28	主機過給機排気ガス入口温度	me_ext_gas_tc_in_temp_c
29	主機過給機排気ガス出口温度	me_ext_gas_tc_out_temp_c
30	排ガスエコノマイザ入口温度	ext_gas_economizer_in_temp_c
31	排ガスエコノマイザ出口温度	ext_gas_economizer_out_temp_c
32	主機ジャケット冷却清水入口	me_jacket_cfw_in_temp_c
33	主機冷却清水シリンダ 1 出口	me_jcfw_1_cyl_out_temp_c

No.	項目名称	項目名称
34	主機冷却清水シリンダ 2 出口	me_jcfw_2_cyl_out_temp_c
35	主機冷却清水シリンダ 3 出口	me_jcfw_3_cyl_out_temp_c
36	主機冷却清水シリンダ 4 出口	me_jcfw_4_cyl_out_temp_c
37	主機冷却清水シリンダ 5 出口	me_jcfw_5_cyl_out_temp_c
38	主機冷却清水シリンダ 6 出口	me_jcfw_6_cyl_out_temp_c
39	主機冷却清水シリンダ 7 出口	me_jcfw_7_cyl_out_temp_c
40	冷却清水シリンダ平均出口温度	me_jcfw_com_out_temp_c
41	主機低温冷却清水クーラ 出口温度	me_low_cfw_cooler_out_temp_c
42	主機高温冷却清水クーラ出口温 度	me_high_cfw_cooler_out_temp_c
43	主機燃料油入口温度	me_fo_inlet_temp_c
44	主機潤滑油入口温度	me_lo_inlet_temp_c
45	主機潤滑油クランクケース 出口温度	me_lo_crankcase_out_temp_c
46	主機過給機潤滑油出口温度	me_tc_lo_out_temp_c
47	主機ピストン 1 冷却油出口温度	me_piston_1_out_temp_c
48	主機ピストン 2 冷却油出口温度	me_piston_2_out_temp_c
49	主機ピストン 3 冷却油出口温度	me_piston_3_out_temp_c
50	主機ピストン 4 冷却油出口温度	me_piston_4_out_temp_c
51	主機ピストン 5 冷却油出口温度	me_piston_5_out_temp_c
52	主機ピストン 6 冷却油出口温度	me_piston_6_out_temp_c
53	主機ピストン 7 冷却油出口温度	me_piston_7_out_temp_c
54	主機ピストン冷却油平均温度	me_piston_com_out_temp_c
55	主機冷却海水入口温度	me_csw_in_temp_c
56	主機冷却海水 AirCLR 出口温度	me_csw_air_clr_out_temp_c
57	主機推力軸受温度	me_bearing_temp_c
58	主機掃気室圧力	me_boost_air_press_mpa
59	主機燃料油入口圧力	me_fo_inlet_press_mpa
60	主機 燃料 (A 重油) 流量	me_fo_a_flow_l
61	主機 燃料 (C 重油) 流量	me_fo_c_flow_l
62	主機 燃料 (A 重油) 流量カウンタ	me_fo_a_flow_cnt_l
63	主機 燃料 (C 重油) 流量カウンタ	me_fo_c_flow_cnt_l
64	主機シリンダ油流量	me_cyl_oil_flow_l
65	主機主潤滑油入口圧力	me_lo_inlet_press_mpa

No.	項目名称	項目名称
66	主機過給機潤滑油入口圧力	me_tc_lo_inlet_press_mpa
67	主機ジャケット冷却清水入口圧力	me_jacket_cfw_in_press_mpa
68	主機低温冷却清水入口圧力	me_lo_cfw_in_press_mpa
69	主機始動空気圧力	me_starting_air_press_mpa
70	1号主機始動空気タンク空気圧	main_1_air_press_mpa
71	2号主機始動空気タンク空気圧	main_2_air_press_mpa
72	主機排気弁駆動潤滑油入口圧力	me_valve_lo_in_press_mpa
73	主機排気弁駆動用空気圧力	me_valve_air_press_mpa
74	主機 潤滑油 流量	me_lo_flow_l
75	主機ジャケット冷却清水流量	me_jacket_cfw_flow_l
76	主機ピストン冷却油圧	me_piston_cool_oil_press_mpa
77	C P P 翼角	cpp_pitch_angle_dg
78	C P P 変節油入口圧力	cpp_hyd_oil_in_press_mpa
79	C P P 変節油出口温度	cpp_hyd_oil_out_press_mpa
80	プロペラ軸クラッチ作動油圧	prop_shaft_clutch_lo_press_mpa
81	S/G クラッチ作動油圧	sg_clutch_lo_press_mpa
82	バウスラスタ作動油圧	bow_thruster_hyd_oil_press_mpa
83	スターンスラスタ作動油圧	st_hyd_oil_press_mpa
84	スターンスラスタ油圧モータ 回転数	st_hyd_motor_rev_rpm
85	スターンスラスタ軸受 冷却海水流量	st_brg_csw_flow_l
86	最後部軸受温度	st_brg_temp_c
87	船尾管軸受温度	st_tube_brg_temp_c
88	前部船尾管シール潤滑油 出口温度	fwd_st_tube_seal_lo_out_temp_c
89	#1 中間軸受温度	steady_1_brg_temp_c
90	#2 中間軸受温度	steady_2_brg_temp_c
91	#3 中間軸受温度	steady_3_brg_temp_c
92	#4 中間軸受温度	steady_4_brg_temp_c
93	主配電盤母線電圧	switchboard_bus_v
94	発電機燃料油流量	dg_fo_flow_l
95	1号発電機関回転数	dg_1_revolution_rpm
96	1号発電機電圧	dg_1_voltage_v
97	1号発電機電流	dg_1_current_a
98	1号発電機周波数	dg_1_frequency_hz

No.	項目名称	項目名称
99	1号発電機出力	dg_1_power_kw
100	1号発電機力率	dg_1_power_factor_per
101	1号発電機潤滑油入口圧力	dg_1_lo_inlet_press_mpa
102	1号発電機潤滑油高温冷却清水 入口圧力	dg_1_cfw_inlet_press_mpa
103	1号発電機燃料油流量	dg_1_fo_flow_l
104	1号発電機燃料油流量カウンタ	dg_1_fo_flow_cnt_l
105	1号発電機始動空気圧力	dg_1_starter_air_press_mpa
106	1号発電機掃気室圧力	dg_1_boost_air_press_mpa
107	1号発電機排ガスシリンダ1 出口温度	dg_1_ext_gas_cyl_1_out_temp_c
108	1号発電機排ガスシリンダ2 出口温度	dg_1_ext_gas_cyl_2_out_temp_c
109	1号発電機排ガスシリンダ3 出口温度	dg_1_ext_gas_cyl_3_out_temp_c
110	1号発電機排ガスシリンダ4 出口温度	dg_1_ext_gas_cyl_4_out_temp_c
111	1号発電機排ガスシリンダ5 出口温度	dg_1_ext_gas_cyl_5_out_temp_c
112	1号発電機排ガスシリンダ6 出口温度	dg_1_ext_gas_cyl_6_out_temp_c
113	1号発電機排ガスシリンダ平均	dg_1_ext_gas_cyl_com_temp_c
114	1号発電機過給機排ガス 入口温度	dg_1_ext_g_tc_fin_temp_c
115	1号発電機過給機排ガス 出口温度	dg_1_ext_gas_tc_out_temp_c
116	1号発電機潤滑油入口温度	dg_1_lo_in_temp_c
117	1号発電機高温冷却清水 入口温度	dg_1_cfw_inlet_temp_c
118	1号発電機高温冷却清水 出口温度	dg_1_cfw_outlet_temp_c
119	1号発電機掃気室温度	dg_1_boost_air_temp_c
120	1号発電機負荷	dg_1_load_kw
121	1号発電機巻線温度 (R)	dg_1_coil_r_temp_c
122	1号発電機巻線温度 (S)	dg_1_coil_s_temp_c
123	1号発電機巻線温度 (T)	dg_1_coil_t_temp_c
124	1号発電機 A C B	dg_1_acb_flg



No.	項目名称	項目名称
125	2号発電機関回転数	dg_2_revolution_rpm
126	2号発電機電圧	dg_2_voltage_v
127	2号発電機電流	dg_2_current_a
128	2号発電機周波数	dg_2_frequency_hz
129	2号発電機出力	dg_2_power_kw
130	2号発電機力率	dg_2_power_factor_per
131	2号発電機関潤滑油入口圧力	dg_2_lo_inlet_press_mpa
132	2号発電機関高温冷却清水 入口圧力	dg_2_cfw_inlet_press_mpa
133	2号発電機燃料油流量	dg_2_fo_flow_l
134	2号発電機燃料油流量カウンタ	dg_2_fo_flow_cnt_l
135	2号発電機関始動空気圧力	dg_2_starter_air_press_mpa
136	2号発電機関掃気室圧力	dg_2_boost_air_press_mpa
137	2号発排ガスシリンダ1 出口温度	dg_2_ext_gas_cyl_1_out_temp_c
138	2号発排ガスシリンダ2 出口温度	dg_2_ext_gas_cyl_2_out_temp_c
139	2号発排ガスシリンダ3 出口温度	dg_2_ext_gas_cyl_3_out_temp_c
140	2号発排ガスシリンダ4 出口温度	dg_2_ext_gas_cyl_4_out_temp_c
141	2号発排ガスシリンダ5 出口温度	dg_2_ext_gas_cyl_5_out_temp_c
142	2号発排ガスシリンダ6 出口温度	dg_2_ext_gas_cyl_6_out_temp_c
143	2号発電機排ガスシリンダ平均	dg_2_ext_gas_cyl_com_temp_c
144	2号発電機過給機排ガス 入口温度	dg_2_ext_g_tc_fin_temp_c
145	2号発電機過給機排ガス 出口温度	dg_2_ext_gas_tc_out_temp_c
146	2号発電機潤滑油入口温度	dg_2_lo_in_temp_c
147	2号発電機高温冷却清水 入口温度	dg_2_cfw_inlet_temp_c
148	2号発電機高温冷却清水 出口温度	dg_2_cfw_outlet_temp_c
149	2号発電機掃気室温度	dg_2_boost_air_temp_c
150	2号発電機負荷	dg_2_load_kw

No.	項目名称	項目名称
151	2号発電機巻線温度 (R)	dg_2_coil_r_temp_c
152	2号発電機巻線温度 (S)	dg_2_coil_s_temp_c
153	2号発電機巻線温度 (T)	dg_2_coil_t_temp_c
154	2号発電機 A C B	dg_2_acb_flg
155	S/G 潤滑油入口 (F) 圧力	sg_lo_inlet_press_f_mpa
156	S/G 潤滑油入口 (A) 圧力	sg_lo_inlet_press_a_mpa
157	S/G 出力電圧	sg_voltage_v
158	S/G 電流	sg_current_a
159	S/G 周波数	sg_frequency_hz
160	S/G 出力	sg_power_kw
161	前部喫水	bow_draft_m
162	中央部喫水	mid_draft_m
163	後部喫水	stern_draft_m
164	トリム	trim_dg
165	ヒール	heel_dg
166	登録担当者	rgst_usr
167	登録日	rgst_dt
168	登録時間	rgst_tm
169	更新担当者	updt_usr
170	更新日	updt_dt
171	更新時間	updt_tm

## 【AIS 情報】

No.	項目名称	項目名称
1	取得元 ID	source_place_id
2	MMSI 番号	mmsi_no
3	日付	current_dt
4	時刻	current_tm
5	日時 Timestamp	current_ts
6	メッセージ番号	message_no
7	リピート数	repeat_cnt
8	航海状態	navigation_status_cd
9	回頭率	rot_per
10	対地速力	ais_speed_ms
11	位置精度	accuracy_flg
12	緯度	ais_lat_dg
13	経度	ais_lon_dg
14	対地針路	ais_bearing_dg
15	真船首方位	ais_heading_dg
16	タイムスタンプ	ais_timestamp
17	特別行動	special_action_div
18	RAIM フラグ	raim_flg
19	AIS バージョン	ais_ver
20	IMO 番号	imo_no
21	コールサイン	call_sign_no
22	船名	vessel_name
23	船長	vessel_length_m
24	船幅	vessel_width_m
25	船種・積荷 CD	vessel_cargo_kind_cd
26	センサ位置・前	sensor_pos_front_m
27	センサ位置・後	sensor_pos_rear_m
28	センサ位置・左	sensor_pos_left_m
29	センサ位置・右	sensor_pos_right_m
30	測位装置	sensor_cd
31	ETA 月日	eta_dt
32	ETA 時刻	eta_hm
33	ETA Timestamp	eta_timestamp
34	最大喫水	vessel_draft_m

No.	項目名称	項目名称
35	目的地	destination_name
36	データ端末	data_terminal_div
37	SOTDMA・同期状態	sotdma_sync_div
38	SOTDMA・スロット タイムアウト	sotdma_slot_timeout_div
39	SOTDMA・サブメッセージ	sotdma_sub_message_remark
40	ITDMA・同期状態	itdma_sync_div
41	ITDMA・スロット増加	itdma_slot_add_remark
42	ITDMA・スロット数	itdma_slot_cnt
43	ITDMA・保持フラグ	itdma_keep_flg
44	登録担当者	rgst_usr
45	登録日	rgst_dt
46	登録時間	rgst_tm
47	更新担当者	updt_usr
48	更新日	updt_dt
49	更新時間	updt_tm